

# Economie de l'eau du cotonnier et Irrigations à l'Office du Niger (Mali)

par

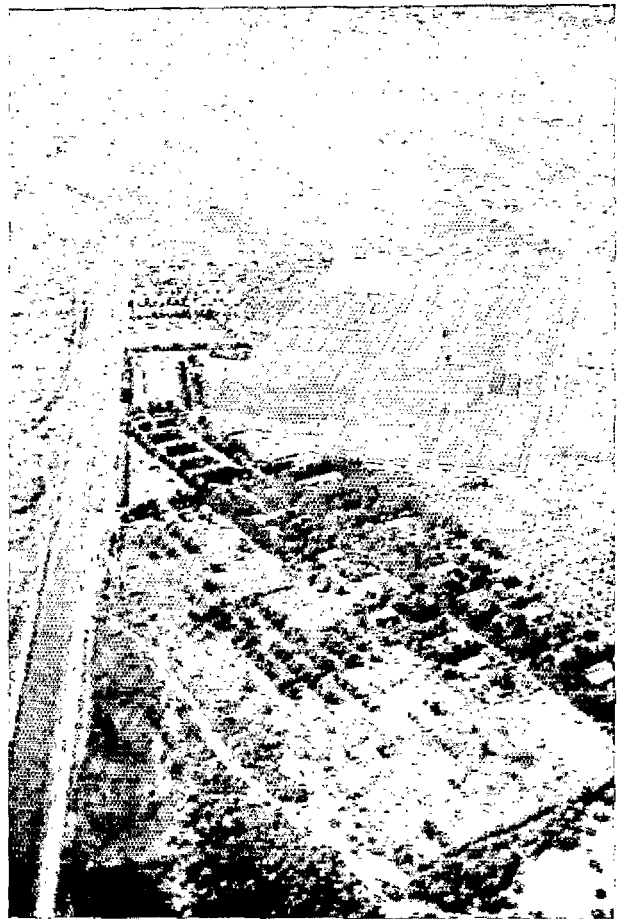
**G. SEMENT**

Agronome de l'I.R.C.T. à la Station de KOGONT  
Office du Niger (Mali)

L'intensification d'une culture procède bien souvent par paliers successifs, l'action de l'agronome s'exerçant en priorité sur les opérations les plus productives dans l'immédiat. A l'Office du Niger, les techniques culturales, les traitements insecticides et la fertilisation minérale ont permis de définir des potentiels de production de plus en plus élevés. Toutefois, le contrôle de l'économie de l'eau des cultures demeure encore un facteur limitant sur lequel il est possible d'agir pour améliorer les rendements et maintenir la fertilité des sols.

Ces facteurs limitants successifs ne sont certes pas indépendants les uns des autres, leurs interactions sont évidentes ; nous verrons ultérieurement que la consommation en eau d'une culture, à une époque donnée, dépend essentiellement de l'âge du cotonnier. Les études que nous présentons ont été réalisées en tenant compte des diverses améliorations techniques acquises les années passées. Nous noterons tout particulièrement les semis précoces, car divers essais d'irrigation réalisés auparavant (METGE 1951, BERNIER et VALLÉE 1957) s'appliquaient à une culture tardive, semée en saison des pluies et irriguée d'octobre à janvier. Les avantages de la culture précoce sont nombreux : efficacité des premiers sarclages en l'absence de fortes pluies, maximum de floraison avant l'apparition de la saison sèche, production assurée avant la pullulation de certains parasites tardifs.

Dans une première partie, nous avons étudié l'économie de l'eau de la culture cotonnière. Epoque, périodicité et volumes d'irrigation y sont définis en considérant l'ensemble atmosphère-plante-sol, caractérisé par son gradient de potentiel énergétique pour l'eau. A tout moment, l'état hydrique de la plante est lié aux possibilités d'offre du sol, face à la demande de l'atmosphère (GESLIN 1963). La plante n'est cependant pas un chaînon inactif entre ces deux extrémités du gradient. L'offre du sol, caractérisé par ses réserves d'eau utile, dépend de l'enracinement de la plante, de sa force de succion et de l'intensité de l'évapotranspiration. La demande de l'atmosphère, ou évapotranspiration potentielle, sera transmise au sol partiellement ou en totalité par l'intermédiaire de la plante. Le but de l'irrigation est de contribuer à satisfaire la demande de la culture, en association avec les réserves du sol et les précipitations naturelles.



Vue aérienne de la Station de KOGONT  
et des terres irriguées.

Dans une seconde partie, consacrée aux problèmes pratiques de la *conduite des irrigations*, nous proposons un ensemble de solutions permettant d'apporter l'eau en quantité convenable avec une répartition uniforme sur la surface à irriguer.

# ÉCONOMIE DE L'EAU DU COTONNIER A L'OFFICE DU NIGER (Mali)

L'état hydrique d'une plante ou d'une culture est sous la dépendance étroite du sol et de l'atmosphère. Une étude qui se limiterait uniquement aux aspects pédologique ou bioclimatologique du problème serait évidemment incomplète. Nous examinerons successivement ces deux facteurs, sol et atmosphère, dans leurs relations avec la plante. Nous déterminerons ensuite les conditions de l'approvisionnement en eau de la culture par les pluies et les irrigations pour conduire la culture à l'optimum de rendement compatible avec les autres facteurs du milieu.

## LE SOL ET LA PLANTE : LES RÉSERVES EN EAU UTILE

La plupart de nos observations ont été faites sur une parcelle de sol brun « Dian », le plus représentatif des terres à coton de l'Office du Niger. Quelques-unes ont été réalisées sur d'autres sols à la Station de KOGONI et à l'extérieur, et, dans ce cas, l'emplacement et le type de sol sont mentionnés dans le texte.

Les différents sols de l'Office du Niger ont été décrits par DABIN (1954, 1963), qui en a déterminé les différentes caractéristiques physiques en laboratoire. Nos propres observations, réalisées sur le terrain directement ou indirectement, et complétées par des analyses confiées à des laboratoires, nous ont permis à la fois de déterminer les composantes du « réservoir-sol » et d'expliquer le comportement du sol à l'irrigation.

### Granulométrie

L'analyse granulométrique du sol Dian a été effectuée au Laboratoire Coopératif de MONTPELLIER sur des échantillons constitués chacun de 8 prélèvements faits pour les profils hydriques (Tableau I).

En bref, nous trouvons, de 0 à 130 cm, un horizon limono-argileux, et vers 150-170 cm un horizon hydro-morphe argileux reposant lui-même sur un horizon nettement plus sableux.

TABLEAU I

Analyse granulométrique du sol Dian  
(sol brun, argilo-limoneux, très compact)

Niveau (cm)	SG	SF	LG (STF)	L	A
— 10	14,5	21,0	15,5	23,0	25,0
— 30	14,0	20,5	17,0	25,5	22,2
— 50	13,0	19,5	14,0	26,2	26,8
— 70	11,5	17,0	16,5	30,0	24,5
— 90	11,5	19,5	18,0	28,1	22,3
— 110	11,0	22,5	15,5	28,7	21,8
— 130	9,0	23,5	22,5	23,0	21,7
— 150	8,0	16,0	9,0	29,0	37,5
— 170	12,0	23,5	8,5	22,2	33,5
— 190	19,0	32,0	9,3	17,1	22,0

DABIN (1953) avait décelé, sur une autre parcelle de sol Dian de la Station de KOGONI, les teneurs moyennes suivantes, en éléments classés selon les normes anciennes, les « sables fins » comprenant alors les particules classées actuellement en « sable fin » d'une part et « limon grossier » d'autre part :

Niveau	SG	SF	L	A
0 à 25 cm	16,0	31,9	0,8	44,4

Éléments grossiers et éléments fins s'y retrouvent à peu de chose près dans les mêmes proportions que dans le cas précédent, mais la fraction fine est ici surtout à base d'argile.

### Perméabilité

La vitesse de filtration de l'eau a été déterminée par DABIN (1953), en laboratoire, sur des échantillons de différents sols de l'Office du Niger; les coefficients de perméabilité sont les suivants, en cm/mn :

TABLEAU 2

Coefficients de perméabilité de différents sols de l'Office du Niger

	Danga sableux (a) (Niono, station du Sahel)	Danga argileux (Niono, station du Sahel)	Dian (Kogoni)	Dian (Kogoni)	Boi (b) (Kogoni)
Après 1 heure					
0 à 25 cm prof.	0,0325	0,0123	0,0205	0,043	0,005
25 à 50 cm ....	0,0325		0,0150		0,085
50 à 75 cm ....	0,080		0,0160		
Après 20 heures					
0 à 25 cm ....	0,0175	0,0039	0	0	0,001
25 à 50 cm ....	0,0175		0		0,044
50 à 75 cm ....	0,069		0		

(a) Sol Danga : sol beige, sablo-limoneux, battant en saison des pluies, très dur en saison sèche.  
(b) Sol Boi : sol gris ardoisé, limoneux, compact (fond de niare).

VALLÉE (1937) a pratiqué sur le terrain, en isolant des portions de canaux arroseurs, des mesures de vitesse d'infiltration sur différents types de sol au voisinage de la Station de KOGONI; les coefficients de perméabilité en sont les suivants, en cm/mm :

	Dian (0d k6)	Danga (1g K2)	Dian-Péré (a) (71 k3)	Moursi (b) (4g K6)
Jusqu'à 24 h.	0,0032	0,0191	0,0037	0,0030
Après 24 h.	0,0017	0,0082	0,0007	0,0014

(a) Sol Dian-Péré : sol Dian très argileux, largement crevassé.

(b) Sol Moursi : sol noir, très argileux, à structure friable en surface, contenant de nombreux nodules calcaires; largement crevassé.

### Mouvements de l'eau dans le sol sous l'influence de la gravité

L'observation de l'évolution des profils hydriques, les relevés des piézomètres après une pluie excédentaire ou une forte irrigation, nous ont permis d'apprécier la vitesse d'infiltration de l'eau soumise à la seule force de gravité, lorsque la teneur en eau du sol dépasse sa capacité de rétention.

Les profils hydriques (graphiques 1 et 2) sont exprimés par rapport à la capacité de rétention, les abscisses négatives correspondant à des valeurs de dessiccation, les abscisses positives à de l'eau en excès; on voit ainsi très nettement, d'une date à l'autre, descendre le front d'eau représentant l'excédent de pluie. La vitesse de déplacement du front d'eau de gravité vers le bas est de 30 cm/jour environ dans les couches superficielles et diminue vers le bas pour atteindre 10 cm/jour environ entre 130 et 170 cm de profondeur.

Les piézomètres ont montré que la nappe remontait progressivement au cours de la saison humide pour atteindre un mètre environ à la fin des pluies, soit :

- 110 cm en 1963, année peu pluvieuse,
- 90 cm en 1964, année très pluvieuse,

et redescendait ensuite assez régulièrement (graphiques 3 et 4).

On enregistre, après les grosses pluies et certaines irrigations, des fluctuations assez brutales; les piézomètres étant percés de place en place sur toute leur hauteur, ces remontées correspondent à un captage dans les horizons superficiels du front d'eau excédentaire formant « nappe-perchée » avant qu'elle ne rejoigne la nappe phréatique.

Nous retrouvons ici la même vitesse de descente du front d'eau que celle révélée par l'évolution des profils hydriques, soit 30 à 10 cm par jour suivant la profondeur.

La vitesse d'infiltration mesurée en laboratoire et, à plus forte raison, celle observée sur le terrain sont intéressantes pour leur valeur de référence et nous permettent de dire que les sols de KOGONI et, d'une façon générale, les sols de l'Office du Niger sont peu perméables; mais elles ne sauraient nous renseigner sur la durée que doit avoir une irrigation, connaissant la dose à apporter: en effet, la lenteur de l'infiltration observée dans un milieu saturé, où l'eau n'est soumise qu'à la seule force de gravité, ne peut se retrouver dans les conditions de l'irrigation, où l'on cherche à ne pas dépasser la capacité de rétention; l'eau est dans ce cas soumise à la fois aux forces de gravité et de capillarité; de plus, il s'est forcément produit pendant la dessiccation une modification de la structure, telle qu'un début de fissuration.

Des observations sur la vitesse d'infiltration réalisées sur le terrain après dessiccation, par la méthode Pioger, citée par DURAND (1958) qui utilise deux cylindres concentriques enfoncés partiellement dans le sol, ont donné des valeurs extrêmement élevées et dispersées et, par conséquent, inutilisables, en raison des infiltrations latérales très importantes dans les fentes de retrait.

La durée de l'arrosage ne peut être déterminée qu'empiriquement, sur des constatations faites à l'occasion d'irrigations réalisées à l'échelle d'une grande parcelle; nous le verrons dans le chapitre sur l'étude de la conduite des irrigations.

### L'eau utile dans le sol

Les différences de teneur en eau du sol entre la capacité de rétention et le point de flétrissement, soit entre les pF 3 et 4,2, définiraient l'eau utile du sol. Cette notion ne présente que peu d'intérêt pour l'agronome, l'alimentation en eau de la plante n'étant pas constante entre ces deux limites. Il est préférable de connaître les limites de teneur en eau à l'intérieur desquelles la plante est assurée de se développer normalement.

Ces limites, associées à la densité du sol en place et à la profondeur d'enracinement, permettent de définir le « réservoir sol », notion très importante en milieu irrigué puisqu'elle conditionne le volume des irrigations.

Les composantes de ce réservoir-sol sont donc les suivantes :

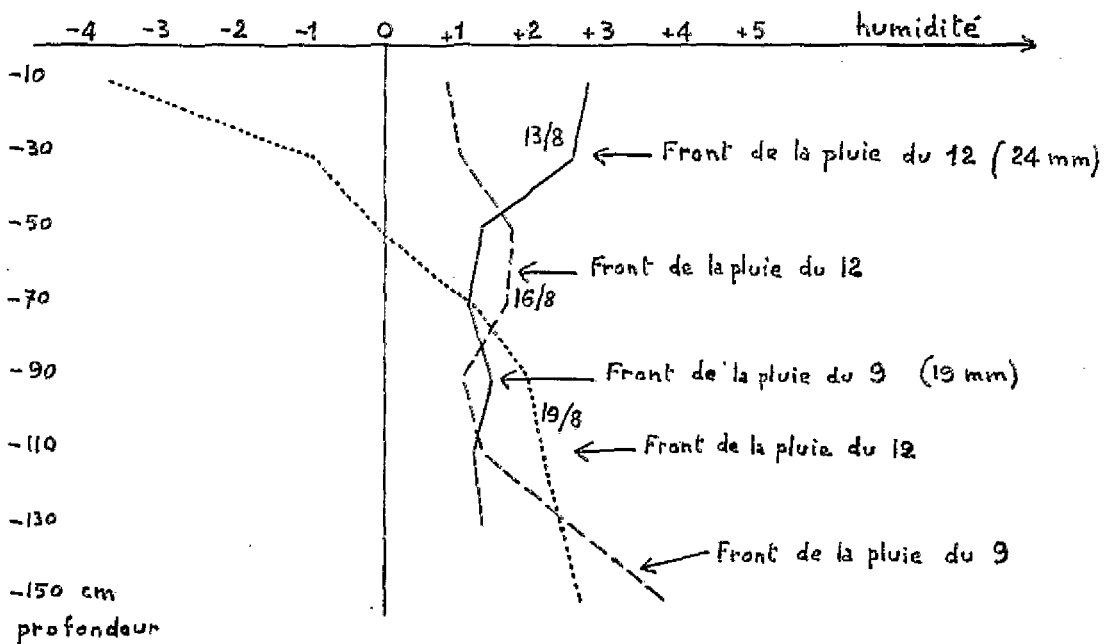
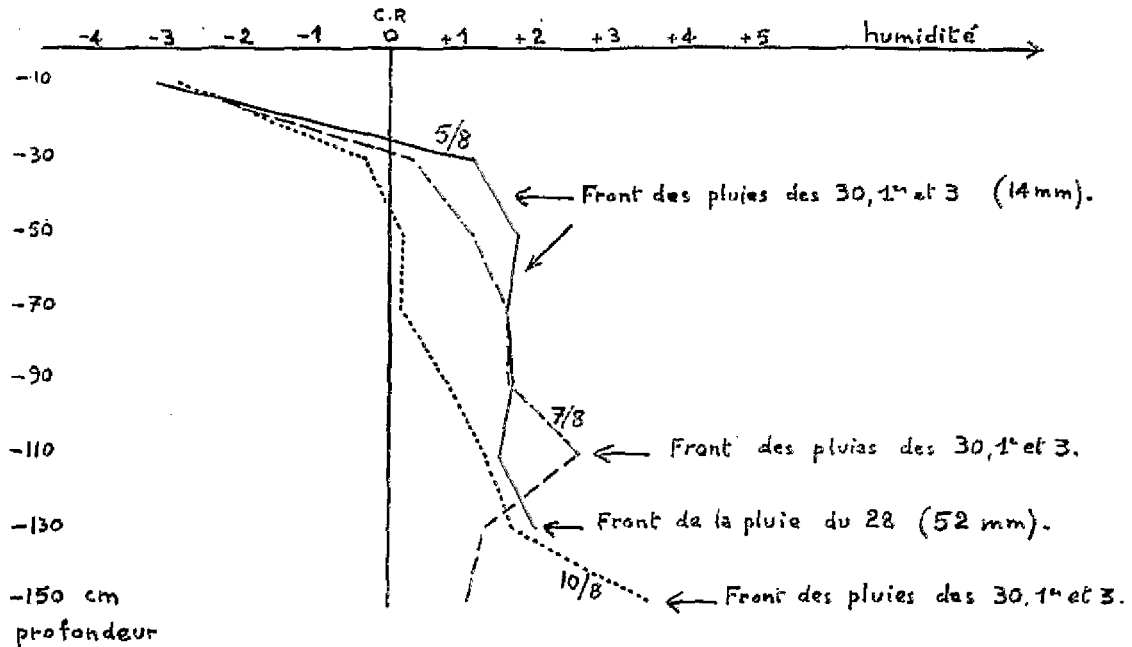
- a) Profondeur exploitable.
- b) Limite supérieure de teneur en eau.
- c) Limite inférieure de teneur en eau.
- d) Densité du sol en place.

### Profondeur exploitable

Pour une plante donnée, la profondeur de l'enracinement et l'épaisseur de la frange capillaire sont conditionnées par la nature du sol. A KOGONI, la profondeur jusqu'à laquelle on a pu observer, par l'évolution des profils hydriques, des échanges d'eau utile, augmente dans le temps avec l'enracinement, et pour des semis de juin évolue comme suit :

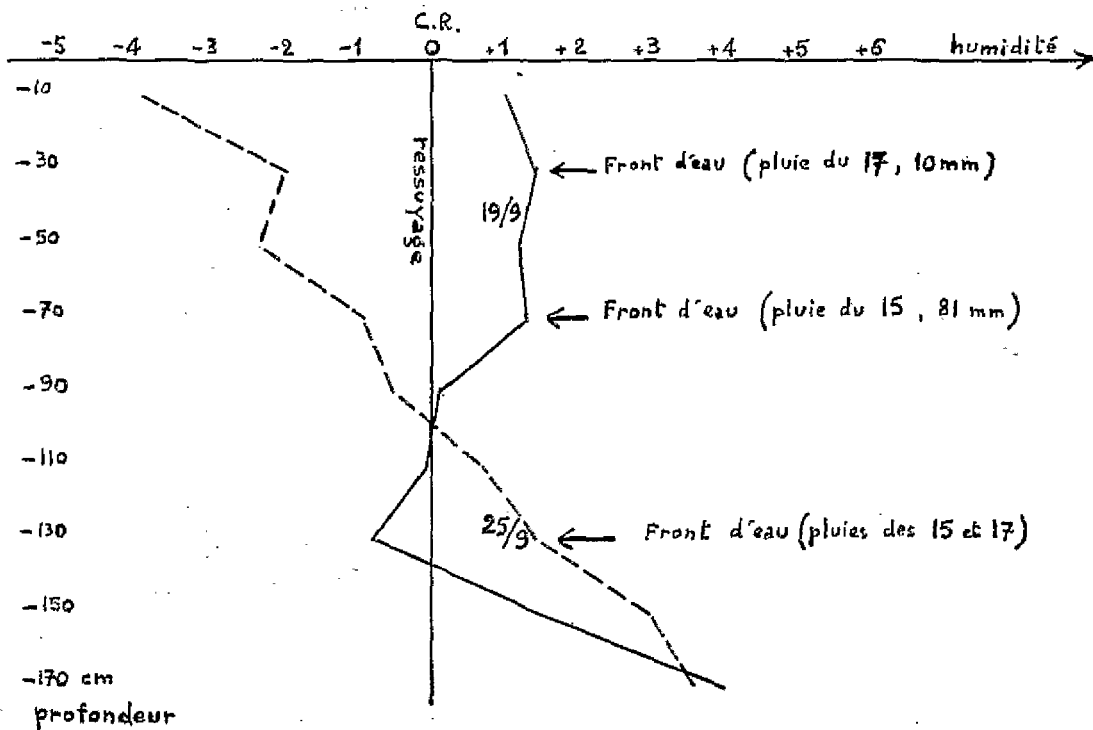
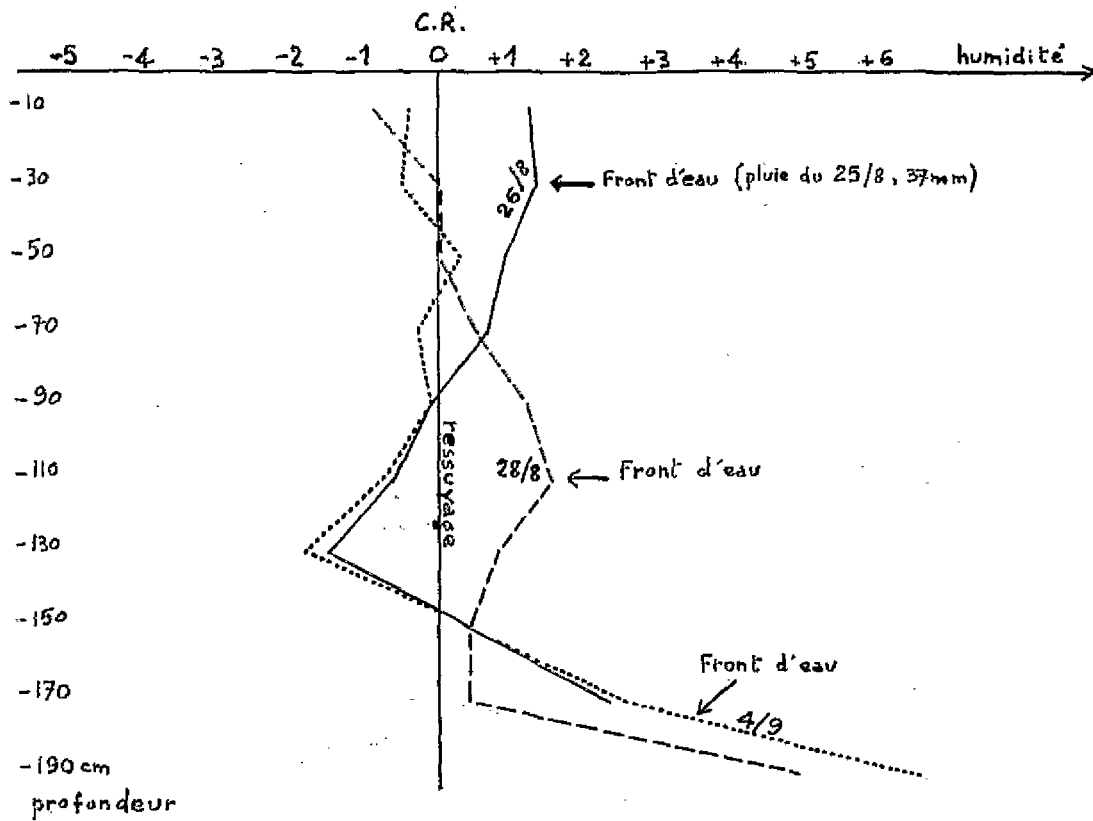
Graphique 1

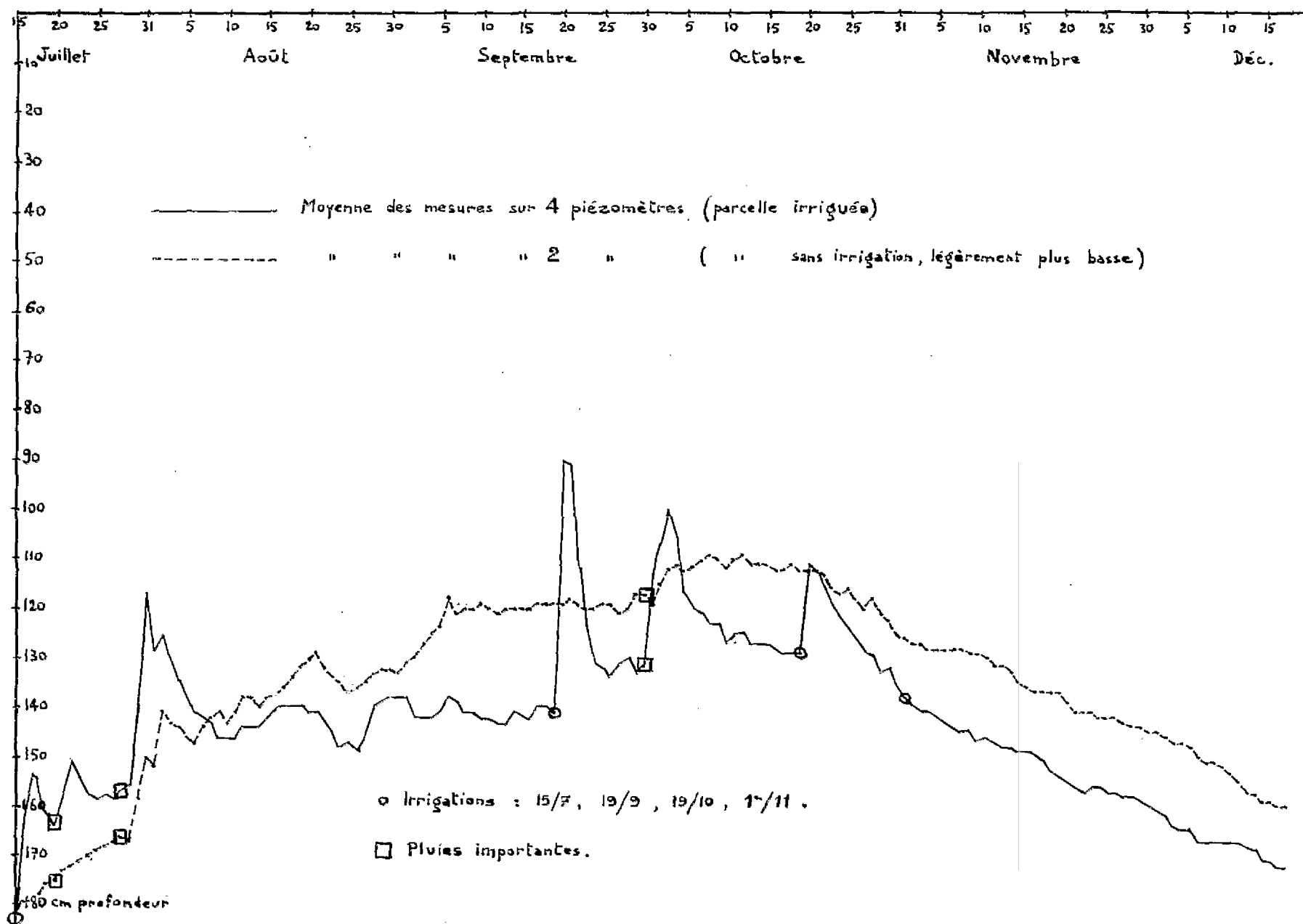
# DÉPLACEMENT DES FRONTS D'EAU DE GRAVITÉ DANS LE PROFIL 1963



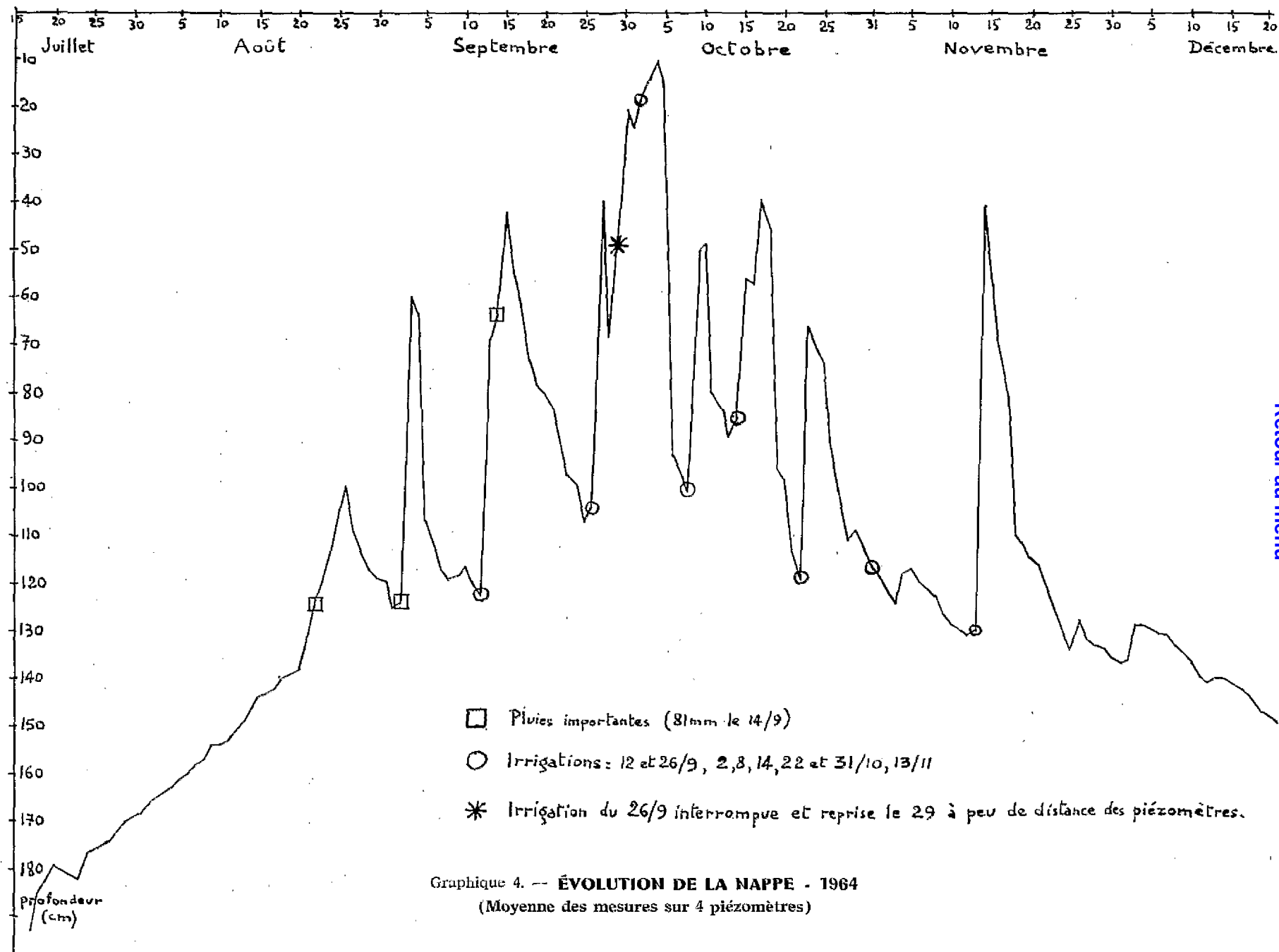
Graphique 2

# DÉPLACEMENT DES FRONTS D'EAU DE GRAVITÉ DANS LE PROFIL 1964





Graphique 3. — ÉVOLUTION DE LA NAPPE - 1963





- fin juin - début juillet : de 50 à 70 cm environ
- fin juillet - début août : de 70 à 90 cm \*
- fin août : 90 cm \*
- septembre-octobre : de 90 à 110 cm \*

Notons qu'un essai de scarifiage du sol à 33-40 cm de profondeur, réalisé en 1963 lors de la préparation du sol, n'a pas montré de différence à l'enracinement, ni d'ailleurs au rendement, malgré la faible pluviosité de cette année.

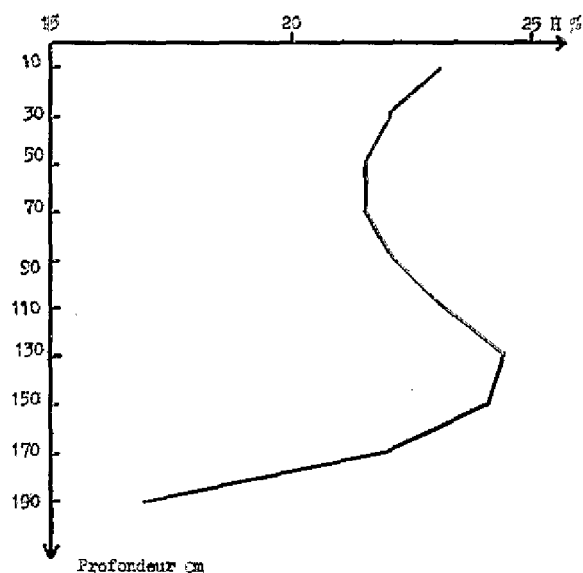
#### Limite supérieure de teneur en eau : capacité de rétention

Après les irrigations de juin et de début juillet, c'est-à-dire avant que l'enracinement des cotonniers ne soit développé, on a retenu, dans une série de profils hydriques successifs réalisés par la méthode gravimétrique, les valeurs observées lorsque la diminution d'humidité semble marquer un décrochement entre la phase de ressuyage et la phase de dessiccation par capillarité. Ces valeurs de ressuyage correspondent à la capacité de rétention. (Tableau 3 - graphique 5).

TABLEAU 3

Valeurs de ressuyage pour une série de profils hydriques

Profondeur cm	Eau % de terre sèche
10	23,1
30	22,0
50	21,5
70	21,5
90	22,1
110	23,1
130	24,4
150	24,1
170	21,9
190	16,9



Graphique 5. — Profil moyen de ressuyage.

Les variations en profondeur, observées dans la capacité de rétention, suivent bien celles observées dans la texture, tout au moins pour ce qui est des horizons profonds ; dans l'horizon supérieur, elles sont en plus affectées par une amélioration de la porosité due à la présence de matière organique.

Les valeurs des pF ont été déterminées au laboratoire de physique des sols de l'O.R.S.T.O.M. à BONDY (Tableau 4).

TABLEAU 4

Valeurs de quelques pF pour différents horizons

Profondeur cm	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5
10	13,5	30,1	30,7
30	16,3	29,5	30,0
50	17,1	30,3	30,9
70	18,3	30,9	31,8
90	19,4	32,1	33,7
110	21,7	37,1	37,4
130	19,0	32,5	33,9

Les teneurs en eau aux pF 2,5 et même 3,0 sont très supérieures aux valeurs de ressuyage obtenues sur le terrain. En effet, en préparant les échantillons d'un sol, surtout dans le cas d'une structure défavorable comme ici, on augmente sensiblement la porosité capillaire, ce qui fait que, pour un même potentiel, le sol retient davantage d'eau lorsqu'il est manipulé et tamisé que lorsqu'il est en place. Les valeurs du pF 4,2 obtenues en laboratoire sont également surestimées, si l'on considère qu'elles sont très voisines des teneurs en eau observées lorsqu'on déclenche les irrigations, alors qu'en principe le point de flétrissement est encore loin d'être atteint, comme on le verra plus loin.

#### Limite inférieure d'humidité du sol

En période de fructification, le taux limite d'humidité du sol ne doit pas être celui permettant tout juste au végétal de survivre, et qui correspond en principe au pF 4,2, mais celui pour lequel les forces de rétention du sol deviennent limitatives de la production en freinant l'alimentation en eau de la plante. Il s'agit de situer ce taux limite d'humidité en le reliant au comportement du végétal.

Chez un grand nombre de plantes, la fermeture des stomates constitue un mécanisme d'auto-défense, qui, tout en se réalisant au détriment de la production instantanée de matière sèche, permet à la plante de poursuivre sa croissance assez longtemps en conditions de sécheresse. Or, chez le cotonnier, les stomates participent peu au contrôle de la transpiration, puisqu'ils restent ouverts pour des valeurs assez basses de la turgescence relative.



En effet, des observations réalisées à KOGONI en 1963 et en 1964 par la méthode des disques de Weatherley ont montré qu'au début du flétrissement correspondait une turgescence relative de 82 %, alors que la fermeture matinale des stomates, testée par projection d'un jet d'eau à l'aide d'une seringue, ne se produisait qu'à une turgescence relative de 75 %, au moment où le cotonnier était déjà complètement flétri et commençait à perdre ses feuilles. DALE (1961) a également observé en Ouganda que les stomates se fermaient dans la matinée pour les valeurs de turgescence relative situées entre 69,8 et 77,4 %.

Plusieurs auteurs ont d'ailleurs reconnu chez le cotonnier ce comportement assez original à la sécheresse : ainsi SLATYER (1954, cité par RICHARD, 1963) a observé pendant une période sèche que le cotonnier réduisait moins vite sa transpiration que l'arachide et surtout que le sorgho, tandis que sa turgescence chutait plus rapidement ; de leur côté EL-SHARKAWY et HESKETH (1964) ont établi, qu'au contraire du sorgho, les feuilles de cotonnier étaient visiblement flétries avant que la photosynthèse ne diminue, certaines feuilles flétries gardant même un taux de photosynthèse maximum.

Le cotonnier serait donc une plante assez vulnérable, à terme, à une sécheresse prolongée, alors que les premières manifestations de cette sécheresse semblent affecter assez peu les fonctions photosynthétiques de la feuille.

Cette dernière considération pourrait nous inciter à ne déclencher l'irrigation qu'après plusieurs jours de flétrissement, puisque la feuille resterait provisoirement en état de continuer à produire de la matière sèche ; mais c'est sous l'aspect particulier de la fructification que l'on doit considérer la production.

Or dans ce domaine, on a remarqué que les premiers signes de flétrissement s'accompagnaient d'une chute massive des très jeunes capsules : à KOGONI, dans un essai de 1962, l'irrigation a été donnée le 7 septembre d'une part, et le 12 septembre, soit après 4 jours de flétrissement, d'autre part ; la proportion des fleurs du 7 au 13 ayant fructifié a été de 26 % dans le premier cas, de 21 % dans le second ; de même une irrigation pratiquée le 27 septembre après 3 jours de flétrissement n'a donné qu'une fructification de 23 % des fleurs du 21 au 27, alors que pratiquée le premier jour du flétrissement elle a donné une fructification de 31 %.

Les mêmes faits ont été constatés à BONE, en Algérie, par RICHARD (1963).

Il est par conséquent raisonnable d'irriguer dès les premiers signes de flétrissement au milieu de la journée. C'est à cette même conclusion qu'arriveront NUNNERY et WILSON (1960) en Caroline du Sud après sept années d'expérimentation.

Ces signes de flétrissement apparaissent plus ou moins tôt après une pluie abondante ou une irrigation suivant la saison et suivant le stade de développement du cotonnier pour une même saison.

— Cotonniers semés en juin.

Au mois de septembre, nous avons constaté qu'en période de fructification maximale, le flétrissement apparaissait en milieu de journée aux taux suivants d'humidité du sol (Tableau 5).

TABLEAU 5

*Taux d'humidité du sol auxquels apparaît le flétrissement de cotonniers en pleine période de fructification*

Date	Humidité moyenne du profil (0-100 cm) %	% de la capacité de rétention
1963 27/8 ..	19,6	88
17/9 ..	18,7	85
1964 10/9 ..	19,6	88
25/9 ..	20,1	91
Moyenne .....	19,5	88

La limite inférieure d'humidité du sol est couramment exprimée par les auteurs français en pour-cent de la capacité de rétention. Les auteurs de langue anglaise l'expriment plutôt en pour-cent d'eau disponible, ce qui peut être facilement traduit en pour-cent de la capacité de rétention, sachant que l'humidité au point de flétrissement permanent représente environ 1/1,84 de l'humidité équivalente (d'après DUCHAUFOR, 1960).

Cette valeur que nous avons observée peut paraître assez élevée lorsqu'on la compare à certaines limites inférieures retenues ailleurs dans le monde. Ainsi à la Station cotonnière marocaine du TADLA (LOMBARD et BOULET, 1957), on irrigue à 65 % de la capacité de rétention ; dans la basse vallée du Rio Grande au Texas, AMEMYA, NAMKEN et GÉRARD (1963) n'ont pas noté de différence significative de rendement en comparant 3 régimes d'irrigations données à 64,70 et 84 % de la capacité de rétention ; à la Station de recherches de BLOELA en Australie (QUEENSLAND DEP. OF AGRIC. AND STOCK, 1963), les meilleurs rendements sont obtenus en irriguant à 64 % de la capacité de rétention ; en Irak, KHUDARI, ABDUL-WAHAB et THEWANI (1961) estiment à 75 % de la capacité de rétention la limite inférieure d'humidité du sol idéale pour certaines cultures annuelles dont le cotonnier. Cette très faible marge observée dans nos conditions entre capacité de rétention et limite de flétrissement s'explique par la faible porosité des sols de l'Office du Niger, dont les forces de rétention rendent rapidement insuffisante la circulation de l'eau vers les racines au débit voulu pour faire face à la transpiration intense des heures chaudes de la journée. Nous trouvons d'ailleurs dans la littérature quelques exemples semblables : BOULET (1961) a obtenu dans un essai à BONE, sur un sol de composition granulométrique comparable, une augmentation de rendement de 22,5 % en irriguant à 88 % de la capacité de rétention au lieu de 80 % ; à la Station

de KIMBERLEY en Australie du Nord (THOMSON et BASINSKY, 1963), la faible perméabilité impose des irrigations hebdomadaires : là aussi les sols, à base de 45 à 60 % d'argile, rappellent ceux de l'Office du Niger.

En octobre, alors que leur floraison est pratiquement terminée, nous avons observé sur les cotonniers semés en juin que le début de flétrissement se produisait moins vite qu'en septembre, soit au bout de 10 jours environ, bien que les conditions atmosphériques étaient alors plus desséchantes, comme on le verra en examinant les données climatiques : une partie des feuilles a cessé d'être fonctionnelle, ce qui a diminué la consommation en eau ; d'autre part le grand nombre de capsules adultes présentes sur le cotonnier joue un rôle de volant en cédant pendant les heures chaudes de la journée de l'eau au reste de la plante, comme l'ont établi ANDERSON et KERR (1943, cités par RICHARD, 1963). La limite inférieure d'humidité du sol en octobre pour des cotonniers semés en juin se situe à 19 %.

#### — Cotonniers semés en juillet.

Les cotonniers semés en juillet sont à leur maximum de floraison en octobre, leur flétrissement est beaucoup plus rapide que celui des cotonniers semés plus tôt, en juin. Les premiers symptômes se présentent 4 à 5 jours après l'irrigation précédente, le taux d'humidité du sol est alors supérieur à 20 % (20,2 à 20,5 %).

Les conditions atmosphériques plus desséchantes qu'en septembre augmentent non seulement la consommation en eau, mais diminuent également la fraction facilement utilisable de l'eau du sol : HALAIRE (1963) a en effet établi que le déséquilibre dans l'alimentation hydrique est atteint pour une humidité du sol plus élevée lorsque la vitesse de dessiccation est plus grande.

C'est une des raisons qui militent en faveur des semis précoces, permettant de situer la phase critique de la floraison dans des conditions d'alimentation en eau moins sévères et plus facilement corrigées par les irrigations.

#### Densité du sol

Elle a été mesurée, à défaut de densitometre, de la façon suivante :

On prélève de grosses mottes, de 2 kg environ : après en avoir arrondi les angles, on en mesure le volume en les enveloppant dans une fine membrane en plastique et en les plongeant dans un récipient gradué contenant de l'eau ; on les pèse après dessiccation complète à l'étuve.

La densité moyenne jusqu'à 60 cm de profondeur est de 1,63.

#### Le "réservoir sol" et ses variations

Les possibilités d'un sol à mettre en réserve l'eau accessible à une culture ne dépend pas uniquement de ses propriétés intrinsèques mais également des

caractéristiques de la culture. La profondeur de l'enracinement, en permettant l'exploitation d'un plus grand volume de sol, accroît ses possibilités de mise en réserve mais par contre l'intensité de la transpiration du végétal élève la limite inférieure d'humidité accessible, réduisant ainsi la quantité d'eau facilement utilisable.

L'interaction sol-plante est matérialisée par les variations du « Réservoir sol » en cours de végétation et il nous a paru utile d'établir le tableau suivant, à partir des données précédemment exposées, pour situer l'ordre de grandeur de cette variation. Nous verrons ultérieurement que le choix du volume des irrigations dépend évidemment des possibilités de mise en réserve du sol mais également d'autres facteurs d'ordre pratique.

Le volume de l'eau utile dans le sol à l'unité de surface est donné par la formule suivante :

$$V = (H_s - H_i) \times e \times d$$

$$V = \text{m}^3/\text{ha}$$

$H_s$  = Limite supérieure de l'humidité du sol

$H_i$  = Limite inférieure de l'humidité du sol

$e$  = Horizon exploité par les racines en cm

$d$  = densité

TABEAU 6

Variation du « réservoir-sol » en cours de végétation

	$H_s$	$H_i$	$e$	$d$	$V$ $\text{m}^3/\text{ha}$
Juin .....	22	19,5	60	1,6	240
Juillet .....	22	19,5	80	1,6	320
Août .....	22	19,5	90	1,6	360
Septembre .....	22,4	19,5	100	1,6	460
Oct. semis juin ..	22,4	19	100	1,6	540
Oct. semis juill. ..	22,4	20,2	100	1,6	350

## L'ATMOSPHÈRE ET LA PLANTE : ÉVAPOTRANSPIRATION

La production de matière sèche augmente avec les apports d'eau jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle l'eau n'est plus un facteur limitant. Selon R.J. BOUCHER (1963), on arrive ainsi à définir une évapotranspiration potentielle qui correspondrait au rendement optimum et à la consommation d'eau maximum possible sous un climat donné quand l'énergie disponible pour cette évaporation serait le seul facteur limitant. Il faut cependant distinguer deux sortes d'évapotranspiration potentielle : (ETP - climat) et (ETP - culture).

(ETP - climat) est une donnée climatique qui dépend de la température, du rayonnement solaire global et de l'humidité relative de l'air. Cette donnée est intéressante en milieu irrigué car elle correspond à la demande maximale de l'atmosphère.

(ETP - culture) est la somme de l'évaporation du sol et de la transpiration de la culture lorsque l'alimentation en eau n'est pas un facteur limitant de la production. Nous montrerons qu'(ETP - climat) et (ETP - culture) diffèrent sensiblement au début et à la fin de la végétation. Le rendement optimal d'une culture est atteint lorsqu'il y a égalité entre l'évapotranspiration réelle et (ETP - culture). Jusqu'à présent, nos études ont eu pour but essentiellement d'améliorer ETR mais il serait intéressant d'envisager une diminution d'(ETP - culture) soit par l'aménagement des zones de production soit par des associations culturales.

### Evapotranspiration potentielle du climat

(ETP - climat) peut être estimé soit par des formules climatiques, soit par l'évapotranspiration d'une cuve cultivée en gazon et alimentée en eau avec un léger excès.

#### (ETP-climat) donnée par la formule de TURC

$$ETP = \frac{0,40 \times t}{t + 15} \times (I_g + 50) \times \left(1 + \frac{50 - hR}{70}\right)$$

(0,37 au lieu de 0,40 pour février)

ETP est évalué en mm/mois.

t = température moyenne de l'air sous abri, en °C

I<sub>g</sub> = radiation globale d'origine solaire, directe et diffusée, en petites calories par cm<sup>2</sup> et par jour.

hR = humidité relative moyenne de l'air, en %

I<sub>g</sub> est calculé de la façon suivante :

$$I_g = I_{g_0} (0,18 + 0,62 h/H)$$

I<sub>g<sub>0</sub></sub> = énergie de la radiation qui atteindrait le sol si l'atmosphère n'existait pas ;

h = durée d'insolation, mesurée à l'héliographe ;

H = durée astronomique du jour.

Les valeurs mensuelles moyennes de I<sub>g<sub>0</sub></sub> et de H sont fournies respectivement par MAURAIN et BRUNT et par GORCZINSKI (cités par TURC, 1961) pour différentes latitudes. Nous les avons interpolées à la latitude de KOGONI : 14° 43' N.

Ces données ainsi que les ETP mensuelles qui en résultent sont exposées dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Valeurs mensuelles moyennes de I<sub>g<sub>0</sub></sub> et H, pour la Station de KOGONI (14° 43' N). Valeurs de ETP

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H .....	11,39	11,68	12,07	12,45	12,82	12,95	12,89	12,60	12,21	11,82	11,43	11,25
I <sub>g<sub>0</sub></sub> .....	707	780	857	900	909	904	907	894	863	796	713	676
1963												
h .....	10,08	9,61	9,34	9,47	9,55	9,43	8,60	8,90	7,63	8,84	9,98	7,98
t .....	22,03	25,75	28,00	32,65	32,15	31,94	28,11	26,58	26,65	26,77	27,36	22,85
hR .....	27,80	23,20	19,60	26,90	29,50	35,80	51,90	62,20	62,20	46,10	26,10	29,10
ETP mm/jour	5,68	6,79	7,42	7,73	7,19	6,77	4,94	4,97	4,60	4,90	6,53	4,74
1964												
h .....	9,68	9,81	10,28	9,13	8,10	8,96	7,64	7,60	8,92	9,03	9,75	7,55
t .....	22,41	23,72	29,36	30,94	31,83	29,51	27,39	26,29	26,99	27,98	25,68	24,45
hR .....	24,00	19,00	17,00	24,90	38,00	54,50	69,20	78,80	72,60	53,70	32,20	44,40
ETP mm/jour	5,84	7,14	8,26	7,57	5,84	5,30	4,55	4,48	5,10	4,81	5,87	3,91

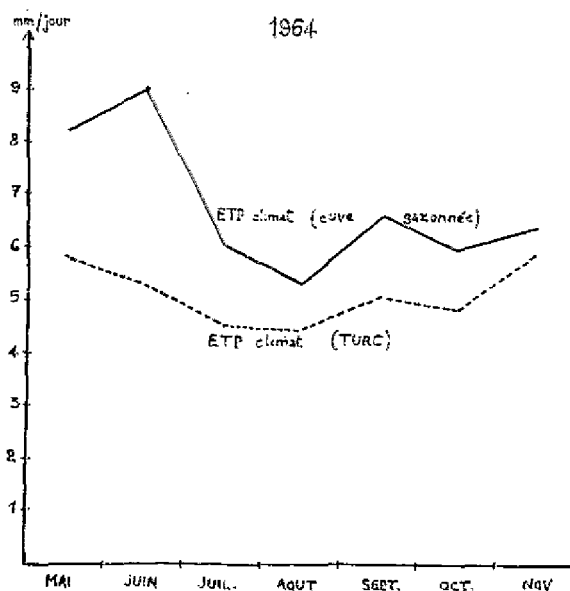
#### (ETP-climat) donnée par les cuves d'évapotranspiration

Nous avons recoupé, à partir de mars 1964, l'ETP calculée par la méthode de TURC, par des mesures sur évapotranspiromètre couvert de végétation basse. Le dispositif est le suivant :

Bac modèle INEAC en tôle, dimensions 2 × 2 × 0,65 m de profondeur, sans dispositif à niveau constant, relié à une excavation où l'on recueille dans un réservoir les eaux de drainage. Il est rempli d'un mélange très perméable de sable et de fumier, sur lequel on a bouturé du *Digitaria decumbens* fin

1963 et obtenu une couverture parfaite dès le mois de mars 1964. Un anneau de garde de 1 are planté également en *Digitaria* est arrosé régulièrement. L'évapotranspiration est mesurée par différence entre les apports d'eau excédentaires (pluies et arrosages de complément en saison humide ; arrosages quotidiens en saison sèche) et la quantité d'eau drainée.

Nous mettons, ci-dessous, en comparaison les valeurs journalières d'(ETP - climat) estimées par la formule de TURC et par les cuves d'évapotranspiration. Les variations sont parallèles mais la formule de TURC paraît sous-estimer ETP : ROBBLIN (1962) a constaté de 1957 à 1961 qu'elle aboutissait en France à des valeurs sous-estimées d'environ 30 % par rapport à la consommation en cuve d'une prairie artificielle. Cette différence correspond bien à nos propres constatations (Tableau 8 - Graphique 6).



Graphique 6.

TABLEAU 8

Comparaison des valeurs d'(ETP - climat) estimées soit à l'aide de la formule de TURC soit par les cuves d'évapotranspiration

1964	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(ETP - climat) formule Turc	5,34	7,14	8,26	7,57	5,84	5,30	4,55	4,48	5,10	4,81	5,87	3,91
(ETP - climat) cuve engazonnée ( <i>Digitaria</i> )			11,39	0,77	8,23	9,00	6,06	5,35	6,67	5,94	6,43	4,64

## Evapotranspiration potentielle de la culture

L'étude de la consommation en eau du cotonnier a été abordée de deux façons différentes :

— par des observations au champ réalisées par la méthode gravimétrique, avec le dispositif suivant : les échantillons de sol sont prélevés à la tarière à 8 emplacements répartis au mieux sur une parcelle de 1 ha en 1963, de 1,20 ha en 1964 ; ils sont pesés avant et après séchage à l'étuve à 110°C. Des profils hydriques moyens ont ainsi été réalisés trois fois par semaine pendant deux campagnes.

— par des mesures sur évapotranspiromètre, constitué par un bac identique à celui utilisé pour le *Digitaria*.

## Observations au champ

Nous n'avons considéré que le cas du cotonnier semé en juin, cette époque de semis étant la meilleure et devenant la règle à l'Office du Niger ; la culture, bien alimentée en eau et faisant l'objet de soins normaux, a donné un rendement de 3 017 kg/ha en 1963, de 3 283 kg/ha en 1964 de coton-graine.

La quantité d'eau consommée au cours d'une période donnée est déterminée par la variation d'humidité du profil, compte tenu de l'épaisseur du sol où a lieu cette variation. Encore faut-il qu'il n'y ait pas d'eau de gravité dans le profil.

$$ET \text{ (mm)} = \frac{(H_t - H_{t_0}) \times d}{100} + P \text{ (mm)} + A \text{ (mm)}$$

- ET (mm) = évapotranspiration, en mm de hauteur d'eau ;
- $H_t$ ,  $H_{t_1}$  = humidité moyenne du profil aux temps  $t_0$  et  $t_1$ , en eau % de terre sèche ;
- e = épaisseur du sol où a lieu la dessiccation, exprimée en mm ;
- d = densité du sol en place, soit 1,63 ;
- P (mm) = hauteur d'eau de pluie tombée entre les temps  $t_0$  et  $t_1$  ;
- A (mm) = quantité d'eau d'arrosage, en mm de hauteur.

L'observation des profils hydriques à intervalles réguliers nous a permis d'obtenir, en plus des renseignements sur la consommation en eau de la culture, des informations de nature très différente, telles que :

— détermination de la vitesse de ressuyage, de la capacité de rétention et de la limite inférieure d'humidité, caractéristiques exposées précédemment ;

— détermination des périodes de pluies excédentaires ; ces périodes présentant de l'eau de gravité dans le profil ne peuvent être prises en considération dans les bilans d'eau à cause de la part perdue par percolation en profondeur et qu'on ne peut évaluer ;

— contrôle de la répartition sur le terrain de l'eau d'irrigation.

Les profils hydriques (Tableaux 9 et 10, graphiques 7 et 8) retenus pour l'estimation de la consommation en eau s'appliquent en principe uniquement à des périodes pendant lesquelles la capacité de rétention n'a pas été dépassée. Cependant, on a tenu compte des profils présentant au-dessous d'un front d'eau excédentaire un horizon desséché capable de l'absorber au passage. Certains profils établis avant irrigation (19-8-63 et 23-9-64) présentant un excès d'eau en profondeur ont également été retenus, nous avons alors calculé les estimations extrêmes de la consommation en eau en tenant compte ou non de cet excès d'eau par rapport à la capacité de rétention.

TABLEAU 9

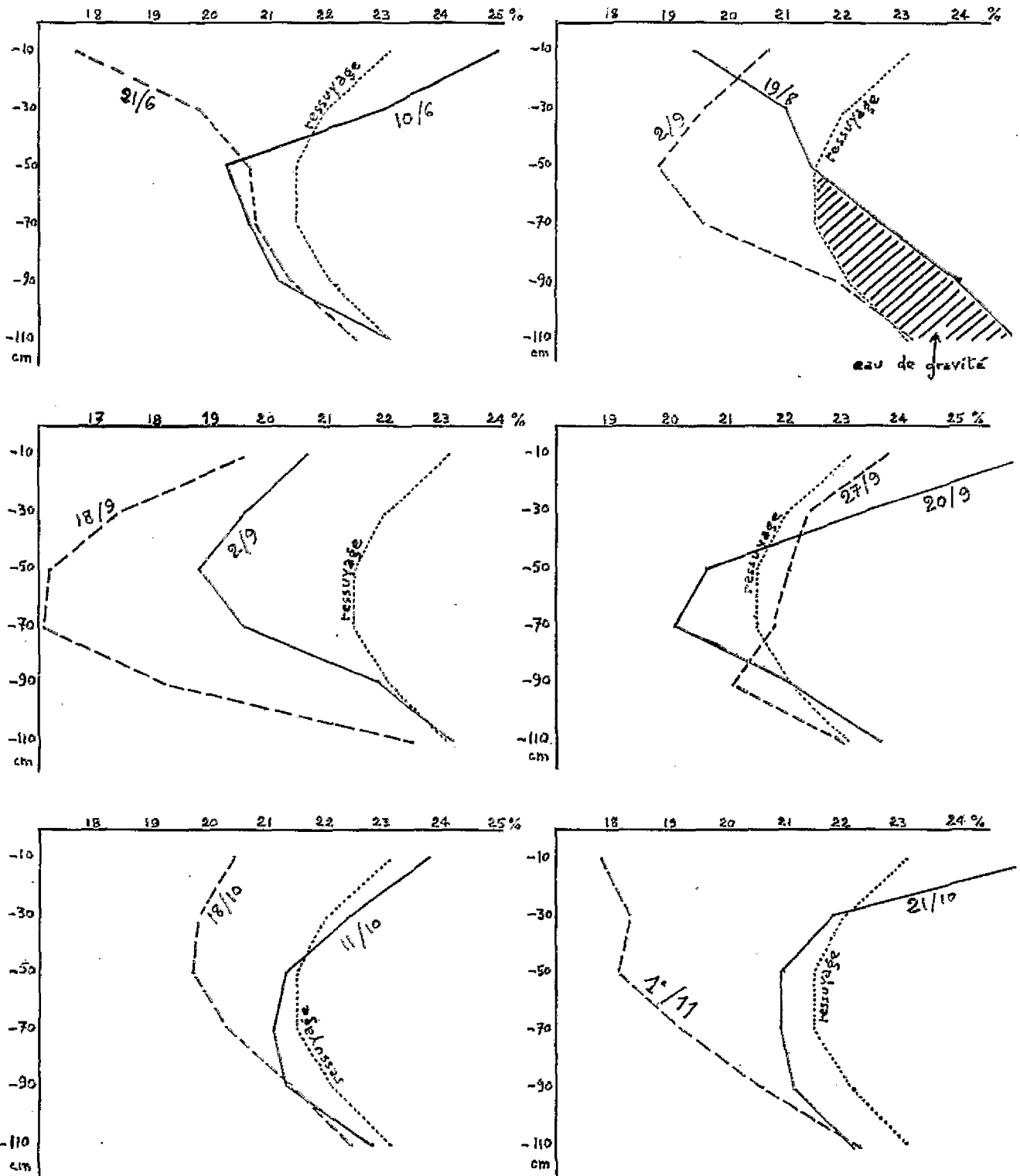
1963 - Profils hydriques moyens (eau, en % de terre sèche) pluies et irrigations

Niveaux cm	10/6	21/6	21/6 au 12/3	19/8	Du 19/8 au 1/9	2/9	2 au 14/9	18/9	19/9	20/9	22 au 26/9	27/9	30/9 au 2/10
10 .....	25,0	17,7	Irrigations et pluies excédentaires	19,4	Pluies 67,8 mm (non excédentaires)	20,7	Pluies 74,5 mm (non excédentaires)	19,7	Irrigation 71 mm	26,7	Pluies 33,9 mm (non excédentaires)	23,8	Pluies excédentaires
30 .....	23,1	19,8		21,0		19,6		17,4		23,4		22,4	
50 .....	20,3	20,7		21,4		18,8		16,2		20,7		22,1	
70 .....	20,7	20,8		(22,7)		19,6		16,1		20,1		21,8	
90 .....	21,2	21,4		(24,0)		21,9		18,6		22,1		21,1	
110 .....	23,1	22,5		(25,2)		23,2		22,5		(23,7)		23,0	
Humidité moyenne sur 50 .....	22,2	20,5		22,3		20,6		18,4		22,8		22,4	
	22,8	19,4											
Niveaux cm	10/10	11/10	18/10	19/10	21/10	1 <sup>er</sup> /11							
10 .....	Pluies 20,4 mm	23,8	20,4	Irrigation 65 mm	25,6	17,8							
30 .....		22,4	19,8		21,8	18,3							
50 .....		21,3	19,7		20,9	18,1							
70 .....		21,1	20,3		20,9	19,2							
90 .....		21,3	21,4		21,1	20,6							
110 .....		22,8	22,4		22,2	22,3							
Humidité moyenne		22,1	20,7		22,1	19,4							

Les valeurs entre parenthèses, supérieures à la capacité de rétention, correspondent à un front d'eau excédentaire en mouvement vers le bas.



Graphique 7  
PROFILS HYDRIQUES 1963



Graphique 8  
PROFILS HYDRIQUES - 1964

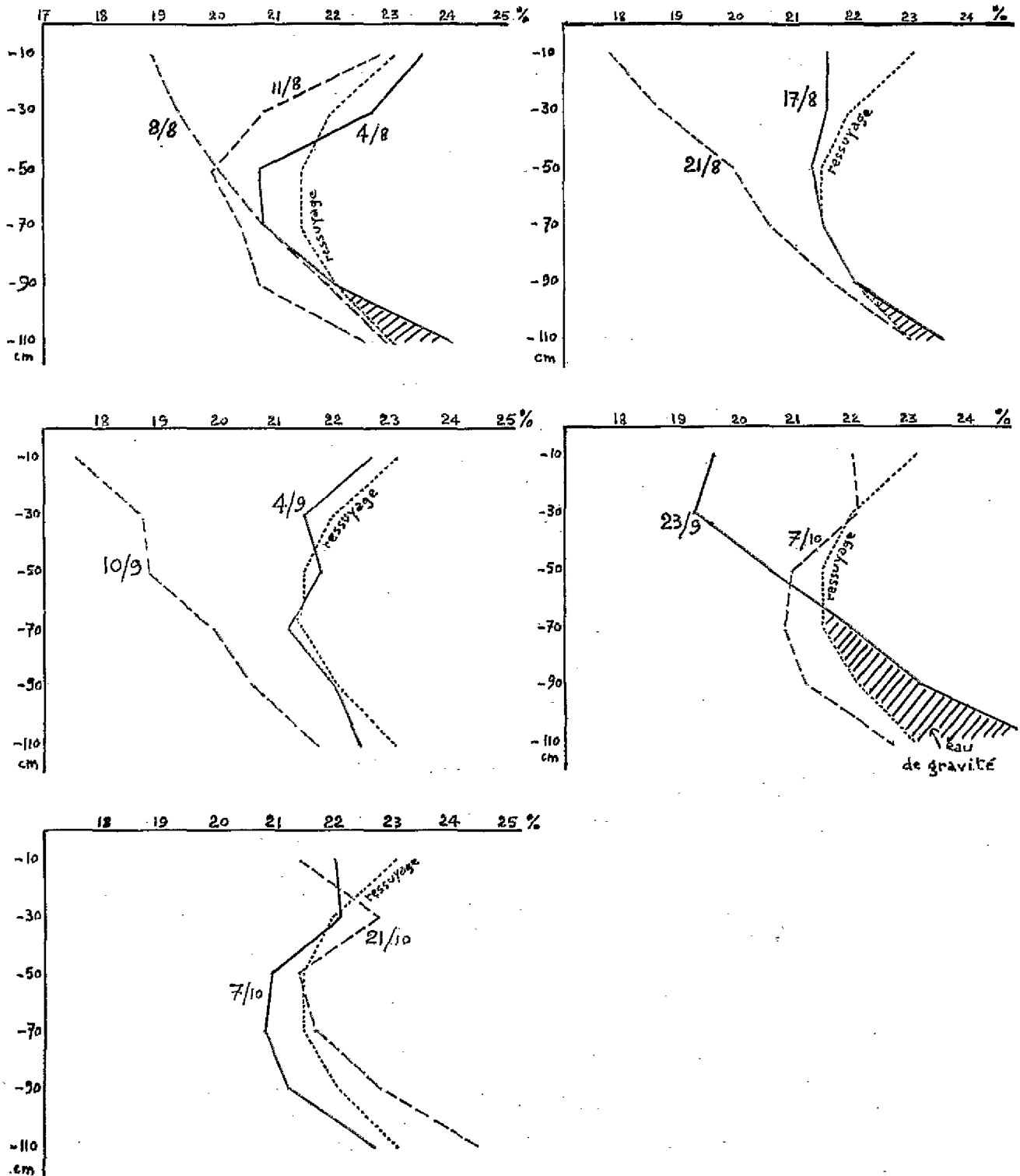




TABLEAU 10

1964 - Profils hydriques moyens (eau, en % terre sèche), pluies et irrigations

Niveaux cm	4/8	8/8	10/8	11/8	13/8	15/8	16/8	17/8	19/8	21/8	22 au 26/8	30/8 au 4/9	4/9	5 au 9/9
10 .....	23,5	18,9	Pluie 29,1 mm	22,8	Pluie 25,3 mm (excédentaire)	Pluie 1,3 mm	Pluie 14,8 mm	21,6	Pluie 2,0 mm	17,8	Pluies 75,7 mm (excédentaires)	Pluies 55,3 mm (excédentaires)	22,7	Pluie 4,3 mm
30 .....	22,7	19,3		20,8				21,6		18,7			21,5	
50 .....	20,7	20,0		19,9				21,3		19,9			21,8	
70 .....	20,8	20,8		20,4				21,5		20,6			21,2	
90 .....	22,1	21,9		20,7				22,1		21,7			22,0	
110 .....	(24,1)	22,9		22,5				(23,6)		23,0			22,4	
Humidité moyenne	22,3	20,6		21,2				22,0		20,3			21,9	

Niveaux cm	10/9 (Moy. des Profils des 9 et 11)	12/9	14 au 17/9	23/9	26/9	2/10	4/10	7/10	7/10	8/10	14/10	21/10
10 .....	17,6	Irrigation 40,4 mm	Pluies 103,4 mm (excédentaires)	19,6	Irrigation 38,3 mm	Irrigation 33,3 mm	Pluie 4,7 mm	22,0	Pluie 1,4 mm	Irrigation 42,7 mm	Irrigation 45,5 mm	21,4
30 .....	18,7			19,3				22,1				22,8
50 .....	18,8			20,6				20,9				21,4
70 .....	19,9			(21,9)				20,8				21,7
90 .....	20,6			(23,2)				21,2				22,8
110 .....	21,7			(26,0)				22,7				24,5
	19,6			21,3				21,6				22,4

Les valeurs entre parenthèses, supérieures à la capacité de rétention, correspondent à un front d'eau excédentaire en mouvement vers le bas.

Le calcul de la consommation en eau de la culture est effectué dans le Tableau 11 en tenant compte des variations d'humidité du sol, des pluies (P) et

des apports d'eau par irrigation (A). Nous obtenons ainsi des valeurs journalières de l'évapotranspiration pour chaque période considérée.

TABLEAU 11

Consommation en eau du cotonnier estimée au champ

Périodes	Profondeur (cm)	Humidité moyenne du profil		Dessiccation		Apports d'eau (mm) (P + A)	ET (mm)	ET/jour (mm)
		Début	Fin	En % de terre sèche	En mm d'eau			
1963								
10/6-21/6 (11 j.)	50	22,8	19,4	3,4	27,7	—	27,7	2,5
19/8-2/9 (14 j.)	110	1 <sup>re</sup> 21,4 2 <sup>de</sup> 22,3	20,6	0,8	14,3	67,8	82,1	entre 5,9 et 7,0
2/9-18/9 (16 j.)	110	20,6	18,4	1,7	30,5	67,8	98,3	7,1
20/9-27/9 (7 j.)	110	22,7	22,4	2,2	39,4	74,5	113,9	5,6
11/10-18/10 (7 j.)	110	22,1	20,7	0,3	5,4	33,9	39,3	3,6
21/10-1/11 (11 j.)	110	22,1	19,4	1,4	25,1	—	25,1	3,6
				2,7	48,4	—	48,4	4,4
1964								
4/8-11/8 (7 j.)	110	22,2	21,2	1,0	17,9	29,1	47,0	6,7
17/8-21/8 (4 j.)	110	21,9	20,3	1,6	28,7	2,0	30,7	7,7
4/9-10/9 (6 j.)	110	21,9	19,6	2,3	41,2	4,3	45,5	7,6
23/9-7/10 (14 j.)	110	1 <sup>re</sup> 21,0 2 <sup>de</sup> 21,8	21,6	— 0,6	— 10,3	76,3	65,5	entre 4,7 et 5,7
7/10-21/10 (14 j.)	110	21,6	22,4	0,2 — 0,8	3,6 — 14,3	76,3 90,1	79,9 75,8	5,4

## Mesures à l'évapotranspiromètre

La consommation en eau du cotonnier, mesurée en 1963 sur bac de végétation, figure dans le Tableau 12 en regard des valeurs obtenues au champ par la méthode gravimétrique.

**TABEAU 12**  
Consommation d'eau du cotonnier  
appréciée sur bac de végétation et au champ

Au champ		En cuve	
Période	mm/jour	Période	mm/jour
10 au 21/6 ....	2,5	6 au 18/8 ....	4,4
19/8 au 2/9 ..	entre 5,9 et 7,0	19/8 au 2/9 ..	5,7
2/9 au 18/9 ..	7,1	2/9 au 18/9 ..	6,0
20/9 au 27/9 ..	5,6	18/9 au 27/9 ..	5,2
11/10 au 18/10 .	3,6	27/9 au 10/10 .	5,9
21/10 au 1/11 .	4,4	10/10 au 21/10 .	3,3
		21/10 au 1/11 .	4,9

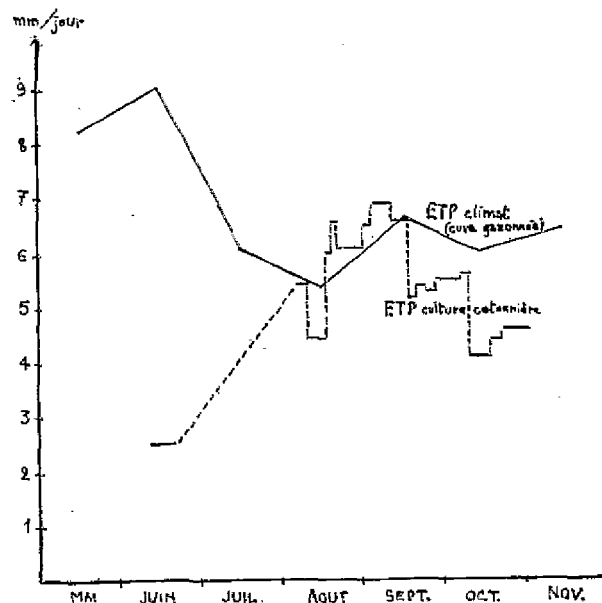
Les estimations obtenues par les deux méthodes concordent de façon assez précise, la légère infériorité de l'évapotranspiration en bac pouvant s'expliquer par des cotonniers de taille moins développée que sur le champ.

En 1964, les mesures sur évapotranspiromètre ne sont pas exploitables : l'anneau de garde avait, par suite de mauvaises conditions de drainage, un développement végétatif plus faible que l'intérieur du bac, ce qui a provoqué un effet de bord sur ce dernier.

## Comparaison entre (ETP-climat) et (ETP-culture)

La comparaison, représentée sur le graphique 9, conduit aux deux observations suivantes :

- Les variations se font en sens inverses. Alors qu'(ETP-climat) marque un minimum au milieu de la saison des pluies, nous constatons qu'(ETP-culture), faible en début de végétation, présente un maximum au moment de la floraison et, qu'en fin de végétation, la chute des feuilles limite l'intensité de l'évapotranspiration.
- L'évapotranspiration du cotonnier au moment de son plein développement est supérieure à l'ETP définie par la consommation du *Digitaria*. Le facteur plante a donc sa part en plus du facteur climat dans la détermination des besoins en eau des cultures, DAMAGNEZ, RIOU et de VILLELE (1963), qui ont chiffré pour la Tunisie la consommation



Graphique 9

en eau de cultures diverses, notent que ce sont les cultures denses et hautes, telles que le maïs et le coton pendant leur plein développement, qui accusent la consommation la plus élevée, supérieure de 10 à 30 % (cas du cotonnier à Tunis en 1961) à celle d'un couvert en gazonné.

En conclusion, on ne peut valablement se baser sur les valeurs d'(ETP-climat) pour déterminer les besoins en eau d'une culture de cotonnier. Ce sont les valeurs propres de l'évapotranspiration du cotonnier que nous allons considérer pour définir le système doses-périodicité des irrigations ; ce sont aussi ces mêmes chiffres que nous allons mettre en balance avec les hauteurs des pluies, à la fois pour déterminer les irrigations et les ajuster aux pluies de façon harmonieuse.

## PLUVIOMÉTRIE ET IRRIGATION

La connaissance des variations de l'évapotranspiration potentielle de la culture et des possibilités de mise en réserve de l'eau dans le sol doit nous permettre d'ajuster les irrigations à la pluviométrie pour satisfaire les besoins en eau de la culture.

### La pluviométrie

Le tableau suivant donne, en mm par période de 5 jours, les hauteurs moyennes des pluies relevées depuis 16 ans (1949 à 1964) à KOCONI :

TABLEAU 13

*Pluviométrie moyenne (1949-1964) à KOGONI, par demi-décades*

Période	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1 au 5 ....	1,7	5,2	13,9	31,2	28,6	11,6
6 au 10 ....	2,4	8,4	20,2	36,6	14,1	2,9
11 au 15 ..	1,2	8,7	24,9	27,6	22,0	2,1
16 au 20 ..	1,2	15,5	33,5	35,3	20,0	4,2
21 au 25 ..	3,0	17,6	28,7	33,3	16,9	0,9
26 au 31 ..	4,0	13,8	47,0	37,6	11,2	0,9
Total .....	13,5	59,4	168,2	201,6	112,8	22,6

L'irrigation implique toujours un certain risque, celui d'être suivie dans les premiers jours par une pluie qu'elle aura alors rendue néfaste pour la végétation: l'excès d'eau peut provoquer un lessivage de l'azote et un début d'asphyxie de la plante par saturation du profil et remontée de la nappe phréatique. Au cours de la saison, on pourra ou non affronter ce risque suivant qu'il est faible ou important.

Une étude statistique a été faite suivant la méthode de MANNING (1956) sur 14 années de relevés pluvio-

métriques (1949 à 1962) déterminant par périodes de 5 jours (Tableau 14, graphique 10):

- la moyenne de hauteur d'eau la plus probable;
- la limite supérieure dépassée 1 année sur 3 et 1 année sur 10;
- la limite inférieure non atteinte 1 année sur 5 et 1 année sur 10.

TABLEAU 14

*Détermination des valeurs probables de la moyenne, de la limite supérieure et de la limite inférieure de la pluviométrie, à KOGONI, pour des périodes de 5 jours*

*Moyennes probables, en mm.*

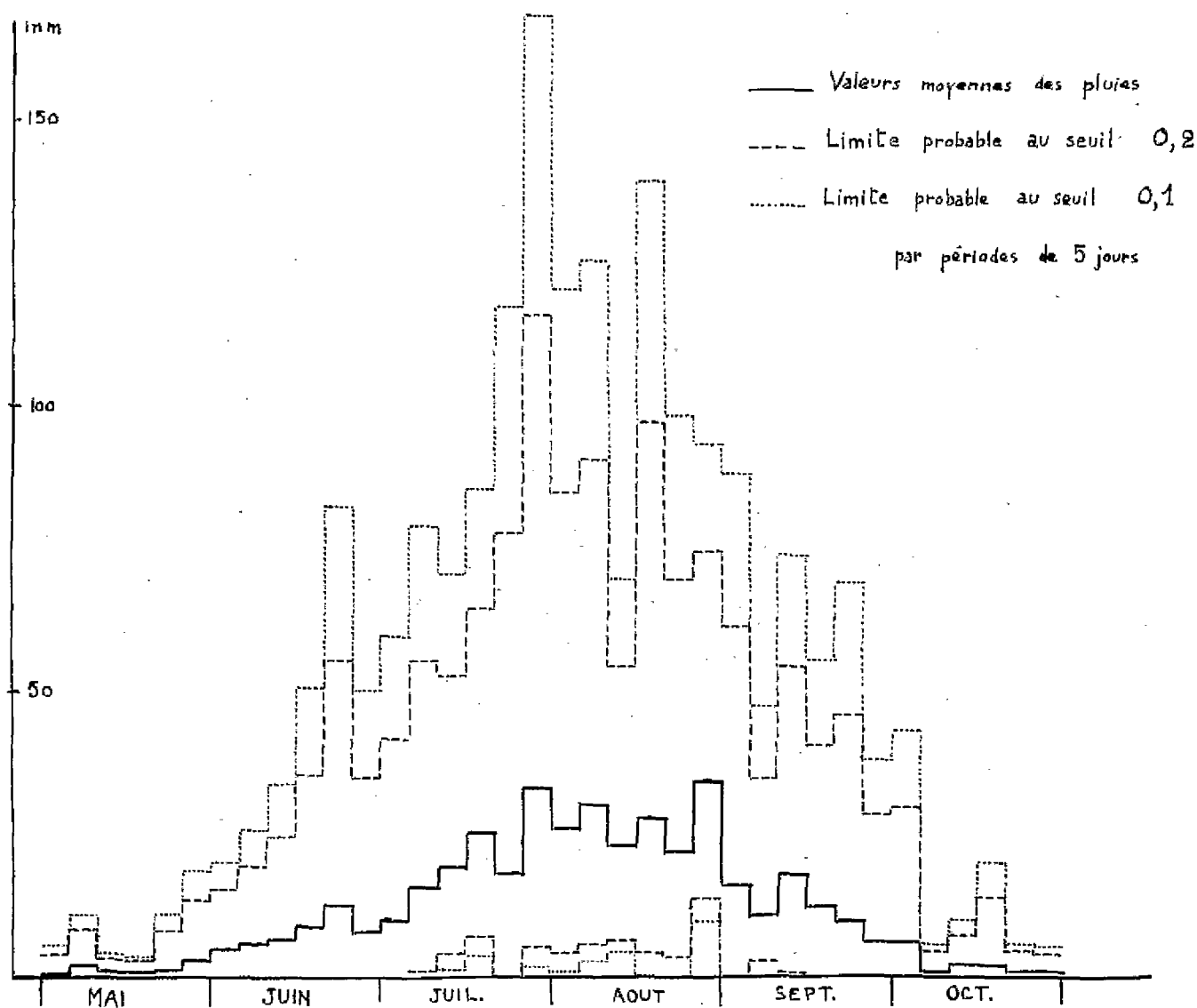
Période	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1 au 5 ....	0,6	4,6	9,8	23,6	16,1	6,2
6 au 10 ....	2,0	5,8	15,6	29,5	10,5	1,0
11 au 15 ..	0,4	6,5	18,9	22,7	17,9	1,9
16 au 20 ..	0,6	8,8	25,0	27,3	12,3	1,8
21 au 25 ..	1,2	12,3	17,9	21,5	9,6	0,7
26 au 31 ..	2,7	7,6	32,7	33,9	6,2	0,6
Total .....	7,5	45,6	119,9	160,5	72,6	12,2

*Limites supérieure et inférieure, en mm, pour 4 années sur 5.*

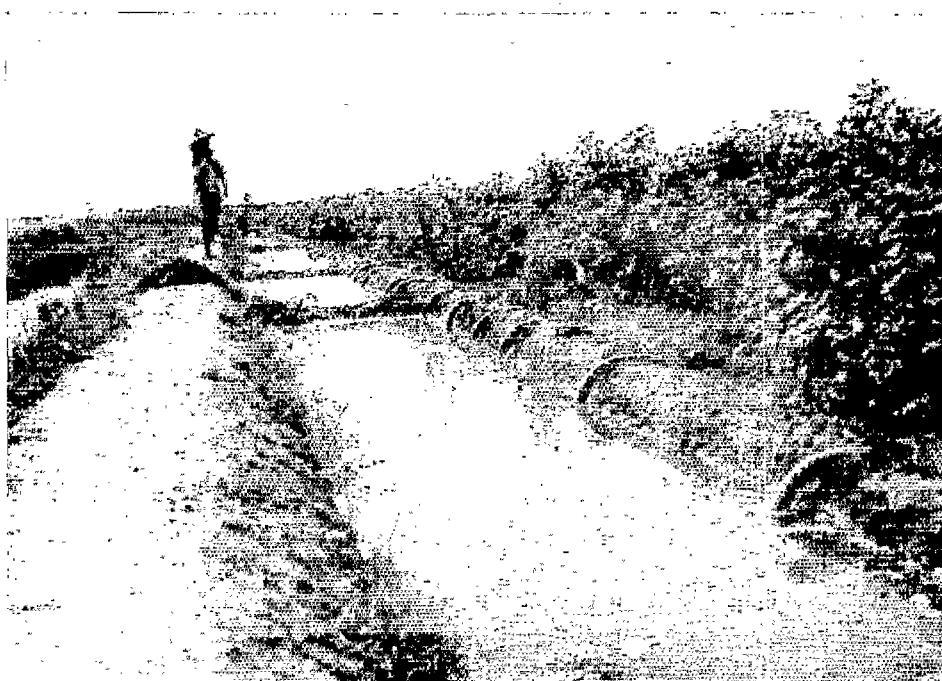
Période	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1 au 5 ....	4,0-0	15,2-0	41,3-0,0	84,6- 4,1	61,2-0,3	29,6-0
6 au 10 ....	8,3-0	19,2-0	35,2-0,7	90,3- 6,3	34,4-0,0	4,3-0
11 au 15 ..	3,2-0	24,3-0	52,8-3,9	54,0- 7,2	54,1-2,7	7,2-0
16 au 20 ..	3,1-0	35,2-0	64,1-7,0	96,8- 3,9	40,3-0,4	13,6-0
21 au 25 ..	3,1-0	55,0-0	77,5-0,0	69,3- 3,2	45,9-0,0	4,1-0
26 au 31 ..	13,4-0	34,4-0	115,8-5,3	74,1-13,4	28,4-0,0	3,9-0

Limites supérieure et inférieure, en mm, pour 9 années sur 10.

Période	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1 au 5 ..	5,3-0	19,8-0	59,2-0	119,8-0,7	87,4-0	42,8-0
6 au 10 ..	10,9-0	25,3-0	78,3-0	124,8-2,5	47,0-0	5,4-0
11 au 15 ..	4,1-0	33,5-0	70,1-1,2	69,4-4,1	73,3-0	9,5-0
16 au 20 ..	3,9-0	50,4-0	84,6-3,6	139,8-0,3	55,2-0	19,8-0
21 au 25 ..	11,1-0	81,9-0	116,8-0	97,8-0	68,6-0	5,4-0
26 au 31 ..	18,4-0	49,8-0	167,8-1,7	92,8-0	37,8-0	5,0-0



Graphique 10



Irrigation d'un champ d'essais.

## Irrigation

### Epoque des irrigations

La confrontation entre l'évapotranspiration du cotonnier et les hauteurs moyennes probables des pluies nous permet de définir les périodes d'irrigation.

Les besoins en eau sont couverts par les pluies à partir du 10 juillet environ (graphique 11) et il vaudra mieux s'abstenir d'irriguer après le 5 juillet. Les pluies sont suffisantes jusqu'à fin août, mais à partir du 1<sup>er</sup> septembre, on constate un déficit pluviométrique plus aigu dans le cas des besoins du cotonnier que dans le cas de l'(ETP-climat), ce qui rend la reprise des irrigations plus urgente en culture cotonnière que dans le cas d'une prairie ou d'une culture basse. D'autre part, d'après les hauteurs limitées de pluies à la probabilité 0,2, le risque de précipitations importantes survenant dans les premiers jours après l'irrigation sera faible dès le début de septembre.

En fin de culture, dès que les premières capsules sont ouvertes, il n'est peut-être pas nécessaire de poursuivre les irrigations.

La consommation en eau n'a pas été mesurée à partir de début novembre, mais on peut estimer qu'elle est considérablement réduite: à cette date, il ne reste sur des cotonniers semés en juin que très peu de capsules à l'état jeune, la floraison étant pratiquement terminée à 120 jours. La vitesse de dessèchement du sol diminue de plus en plus avec la consommation et permet au cotonnier de s'alimenter à partir des réserves refaites par la dernière irrigation, à des niveaux de plus en plus profonds et de façon suffisante pour une teneur en eau du sol de plus en plus faible.

Un essai comparant en fin 1964 quatre dates d'arrêt des irrigations sur cotonniers semés le 16 juin a donné les résultats suivants:

TABLEAU 15

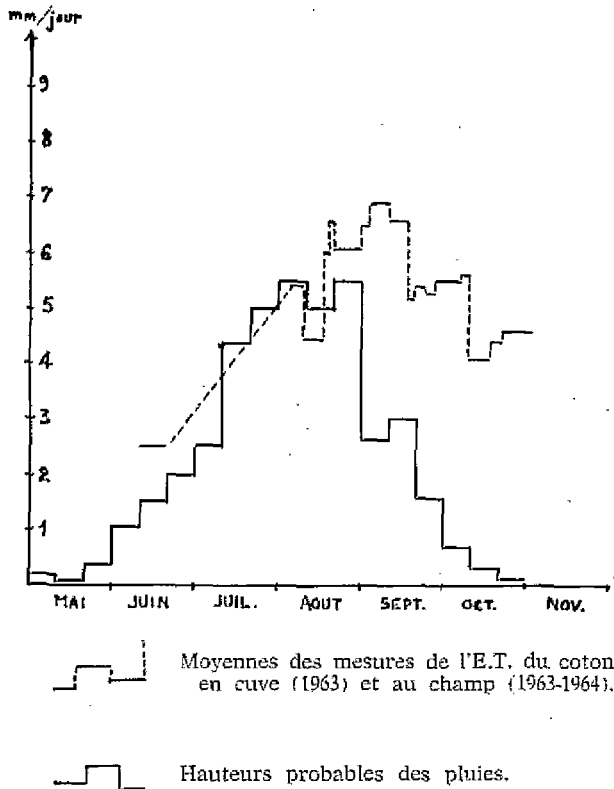
*Influence d'irrigations supplémentaires, au delà du 3 octobre, sur la production de coton-graine*

Objet	Rendement en kg/ha	Supplément par rapport à 1	Part récoltée après le 7/12
1. dernière irr. le 3 oct.	3 299		117
2. 3 irrigations en plus: (14, 22 et 31/10) .....	3 463	166	173
3. 3 irrigations en plus du n° 2: (13 et 27/11, 15/12) ..	3 366	67	131
4. 1 irrigation en plus du 3: (30/12) .....	3 537	238	182

Cet essai tend à montrer qu'il n'est pas intéressant de continuer à irriguer au delà de la fin d'octobre. La prolongation de la culture par les irrigations, outre le fait qu'elle est inutile, ne peut que favoriser le développement du parasitisme: dans cet essai, les capsules restant à mûrir le 19 janvier 1965 au moment de l'enlèvement des cotonniers se sont révélées parasitées à 92 % et ne représentaient en puissance qu'un supplément de production dérisoire, de l'ordre de quelques kilogrammes à l'hectare.

La confrontation d'(ETP-culture) avec la pluviométrie et les résultats de l'essai de dates d'arrêt des irrigations nous permettent de délimiter deux périodes d'irrigation pour la culture cotonnière à l'Office du Niger, une première période qui s'étend des semis début juin au début du mois de juillet et une deuxième période comprenant les mois de septembre et octobre.

### ÉVAPOTRANSPIRATION DU COTONNIER ET HAUTEURS GLOBALES DES PLUIES



Graphique 11

### Dose et périodicité des irrigations

#### 1° Du semis à début juillet :

Le semis de juin, effectué en sec pour plus de commodité, est suivi d'une irrigation qui refait les réserves en eau du sol, permettant la germination et le démarrage de la culture. Le volume de cette irrigation, qui est de l'ordre de 1 000 à 1 500 m<sup>3</sup>/ha suivant l'ancienneté de la pré-irrigation pour préparation du sol, est forcément très important à cause des fentes de retrait et de la nécessité d'humidifier le haut des billons où se trouvent les semences. Une grande partie de cette eau est perdue en profondeur et la part qui est mise en réserve utile n'est suf-

fisante que pour une quinzaine de jours environ, en raison, d'une part, des conditions relativement desséchantes de cette époque, entraînant une évaporation intense à la surface du sol, et d'autre part, du faible enracinement du jeune cotonnier.

Une seconde irrigation s'imposera ou non fin juin début juillet suivant la précocité du semis et suivant l'importance des premières pluies. On sera amené, si on la fait coïncider avec les semis de remplacement, à lui donner un volume excédentaire, soit 500 à 600 m<sup>3</sup>/ha, pour une bonne humidification au niveau des semences.

#### 2° En fin de saison des pluies :

**Septembre :** C'est au début de ce mois qu'il faut à nouveau se tenir prêt à irriguer dès que le flétrissement apparaît. On peut naturellement en attendre les premiers signes pour décider l'irrigation ; mais pour des questions pratiques d'organisation du chantier d'arrosage, il est intéressant de connaître à l'avance le jour où elle deviendra nécessaire.

Dans ce but, on tiendra à jour, en permanence, un compte du déficit hydrique par rapport à la capacité de rétention, à partir de la dernière pluie excédentaire ou de l'irrigation précédente : en comptant 7 mm de consommation journalière (ou 6 mm à la fin du mois), on sait que la limite inférieure d'humidité, qui correspond à un déficit hydrique de 400 à 450 m<sup>3</sup>/ha (soit 40 à 45 mm), sera atteint au bout de 6 à 7 jours et, qu'à cette date, on devra irriguer. Les pluies éventuelles, tant qu'elles ne sont pas excédentaires, prolongeront ce délai d'autant de jours que leur hauteur contiendra de fois la consommation journalière.

Les irrigations de cette période de transition se combinent avec des pluies plus ou moins abondantes et sont donc assez peu nombreuses (3 en septembre 1962, 1 en septembre 1963, 2 en septembre 1964), mais ce sont celles qui réclament la plus grande attention : c'est à cette époque de pleine fructification plutôt qu'en fin de saison, qu'un retard de 2 à 3 jours peut constituer un facteur limitant de la production ; un volume excédentaire peut aussi avoir un effet semblable si des pluies surviennent peu après l'irrigation, et les risques de cette nature sont plus importants en septembre qu'en octobre.

**Octobre :** La consommation journalière passant de 5,5 à 4 mm, environ, du début à la fin du mois, la vitesse de dessiccation diminue et la limite inférieure d'humidité s'en trouve reculée. De 450 m<sup>3</sup>/ha pour 8 ou 9 jours, au début, on passe à 500-550 m<sup>3</sup>/ha pour 11-12 jours à la fin du mois.

S'il s'agit de semis tardifs, le rythme des irrigations demandera naturellement à rester très serré en octobre : on a vu en effet en déterminant le réservoir-sol, que le fort débit imposé au système sol-plante par un dessèchement rapide diminuait la fraction facilement utilisable de l'eau du sol.



TABLEAU 16

Récapitulation des quantités d'eau apportées à la culture

Apport d'eau	Dose totale m <sup>3</sup>	Eau utilisée par la végétation m <sup>3</sup>	Excédents perdus pour la culture m <sup>3</sup>
<b>1<sup>re</sup> sous forme d'irrigation</b>			
— février-mars : pré-irrigation pour préparation du sol ..	1 000 à 1 500	—	1 000 à 1 500
— début juin : irrigation du semis .....	1 000 à 1 500	250	750 à 1 250
— fin juin ou début juillet : 1 irrigation .....	500 à 600	350	150 à 250
— septembre : 1 à 3 irrigations (à 450 m <sup>3</sup> ) .....	450 à 1 350	450 à 1 350	—
— octobre : 3 irrigations (450 + 500 + 550 m <sup>3</sup> ) .....	1 500	1 500	—
<b>Total .....</b>	<b>4 450 à 6 450</b>	<b>2 550 à 3 450</b>	<b>1 800 à 3 000</b>
<b>2<sup>de</sup> sous forme de pluies (1 mm = 10 m<sup>3</sup>/ha)</b>			
— de juin à octobre .....	6 800 à 7 000	5 200 à 4 300	1 600 à 2 700
<b>Total général .....</b>	<b>11 250 environ</b>	<b>7 750</b>	<b>2 300 à 4 600</b>

## CONCLUSION

Nous avons mis en évidence les relations existant entre le sol, la plante et l'atmosphère dans l'économie de l'eau de la culture cotonnière à l'Office du Niger. L'eau, facilement utilisable dans le sol, est en quantité relativement réduite ; elle varie de 250 à 550 m<sup>3</sup>/ha dans le courant de la végétation. Cette faible possibilité de mise en réserve de l'eau est liée essentiellement à la porosité du sol. L'enracinement limité du cotonnier ne lui permet pas d'exploiter l'eau des horizons profonds et le début du flétrissement se produit dès que le taux d'humidité atteint 85 à 88 % de la capacité de rétention au champ. Il a été montré que la limite inférieure d'humidité du sol était liée à l'intensité de l'évapotranspiration de la culture.

Les programmes ultérieurs d'agronomie pourront avoir parmi leurs buts celui d'améliorer les possibilités de mise en réserve de l'eau utile en agissant sur la porosité du sol et sur l'évapotranspiration potentielle de la culture.

La porosité du sol ne peut être favorisée en profondeur par des opérations culturales mais nous pensons qu'une prairie temporaire à Légumineuses peut être bénéfique. *Stylosanthes gracilis* est maintenant présent deux années sur quatre dans la rotation de KOCONI ; toutefois son introduction est trop récente pour avoir une opinion sur son action.

La diminution de l'évapotranspiration potentielle en réduisant le débit demandé au sol devrait permettre une meilleure utilisation de l'eau de rétention. Les travaux de BOUCHET, de PARCEVAUX et ARNOUX (1963), de BALDY (1963), de GUYOT (1963) ont montré qu'il était possible d'abaisser l'évapotranspiration potentielle d'une culture et d'améliorer ainsi son rendement. Dans les circonstances actuelles, il est cer-

tain que des techniques telles que brise-vents et associations culturales seraient difficilement recommandables en raison des traitements insecticides et de leur application, réalisable uniquement par avion, mais nous pouvons espérer une diminution de l'évapotranspiration par l'extension et l'intensification des cultures irriguées dans les périmètres de l'Office ; une faible modification du climat local pouvant avoir des effets notables sur l'économie de l'eau des cultures.

L'évapotranspiration potentielle de la culture présente un maximum en saison des pluies mais celles-ci assurent la totalité des besoins de la culture du 15 juillet au 1<sup>er</sup> septembre. Les irrigations sont nécessaires avant et après cette période ; ces deux époques d'irrigation confèrent d'ailleurs une certaine originalité à l'Office du Niger.

En cours de végétation, il faut envisager deux irrigations en juin et juillet, dont une au semis, et quatre à six irrigations du 1<sup>er</sup> septembre à la fin du mois d'octobre. Ce sont donc 3 000 à 4 000 m<sup>3</sup>/ha qui sont apportés au cotonnier pour compenser l'insuffisance des pluies. L'eau utilisée par la culture, en totalisant pluies et irrigations, atteint environ 7 500 m<sup>3</sup>/ha. Ce chiffre est très voisin de celui observé ailleurs, en Afrique du Nord, au Moyen Orient et à Madagascar. Cette comparaison prouve que l'association des irrigations et des pluies est judicieuse et que les unes et les autres sont utilisées au mieux par la culture.

En 1964, ces normes d'irrigation ont été généralisées à l'ensemble de la sole coton de la Station de KOCONI ; soit sur 20 hectares. Le rendement moyen qui a dépassé 3 500 kg/ha de coton-graine, fin novembre pour un semis de début juin, vient confirmer la validité des techniques que nous proposons.



## CONDUITE DES IRRIGATIONS

L'étude de l'économie de l'eau de la culture cotonnière nous a conduit à définir les doses et la périodicité des irrigations. Le problème qui se pose à nous, maintenant, est d'apporter ce volume d'eau d'une façon uniforme et sans perte d'eau au drain de la parcelle. Il ne faudrait pas, pour apporter 500 m<sup>3</sup> d'eau par hectare, en utiliser 1 000 m<sup>3</sup> dont la moitié partirait dans le réseau de drainage. Il peut paraître superflu d'insister sur ce point; nous savons cependant que cette pratique est trop fréquente dans la plupart des systèmes d'irrigation.

Après avoir envisagé la conduite des irrigations au niveau de la parcelle, nous examinerons la possibilité d'organiser des arrosages à l'échelon du casier pour que toutes les surfaces puissent bénéficier des irrigations au moment voulu dès que les cultures en manifestent le besoin.

### CONDUITE DE L'IRRIGATION À L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE

L'état hydrique du sol, à un moment donné, et les besoins de la culture déterminent le volume d'eau à apporter à l'unité de surface. Différents facteurs conditionnent la bonne répartition de cette dose d'irrigation; il ne sont pas tous contrôlables et constants sur l'ensemble de la parcelle. Ces facteurs sont les suivants :

- 1) Nature du profil pédologique.
- 2) Pente du terrain.
- 3) Longueur des raies.
- 4) Débit donné en tête de raie.

1) On ne peut modifier le premier facteur; il est sans doute possible d'améliorer à longue échéance la perméabilité d'un sol, mais les limites sont assez restreintes.

2) A l'Office du Niger, on ne peut agir que partiellement sur la pente des terrains car la pente générale est réduite. Le planage des parcelles en « touches

de piano » a pour effet de supprimer les contre-pentes et d'amener la pente moyenne à une valeur comprise entre 1 et 2 ‰. Il serait très coûteux d'aller au delà et, d'ailleurs, il n'existe qu'une faible marge entre la cote du réseau d'arrosage et celle du réseau de drainage.

3) La longueur des raies est en général de 200 mètres et ne dépasse jamais cette valeur car, au delà, le débit des raies serait insuffisant pour assurer l'écoulement des eaux de pluie vers le drain.

4) Le terrain étant aménagé avec une pente et une longueur de raie fixes et définitives, seul le choix du débit à donner en tête de raie nous permet de faire varier la dose et la répartition de l'eau d'irrigation.

Notre expérimentation a donc porté sur la façon d'admettre l'eau en tête de raie pour obtenir une dose réelle aussi voisine que possible de la dose théorique définie par les besoins de la culture et pour assurer une répartition uniforme des irrigations le long de la raie.

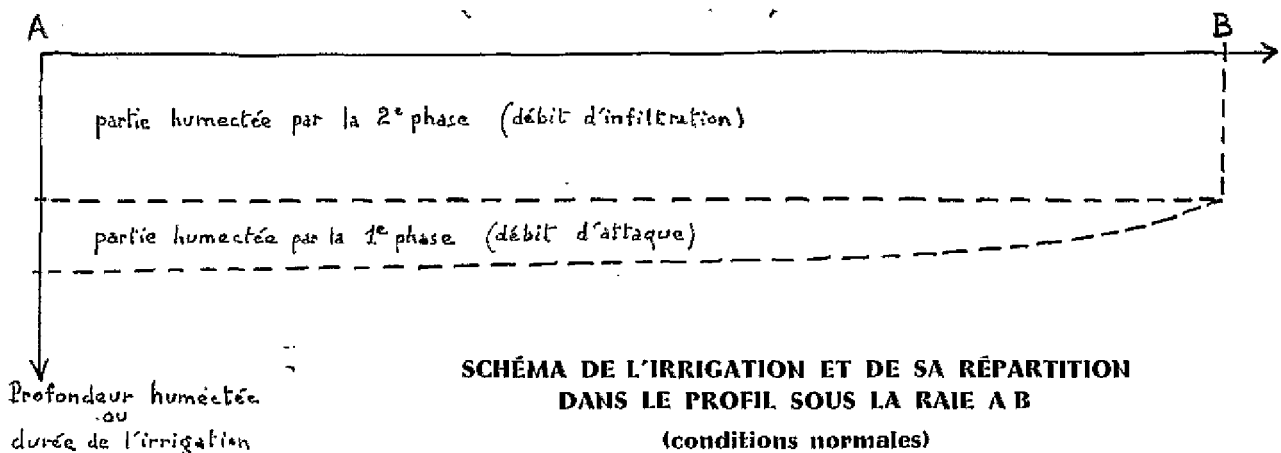
### Recherche du débit à la raie

#### Perméabilité et débit d'irrigation

Avant d'exposer les résultats obtenus, rappelons le principe de l'irrigation à la raie, qui consiste :

— à admettre au début un fort débit, appelé « débit d'attaque », pour faire arriver l'eau rapidement en bout de raie;

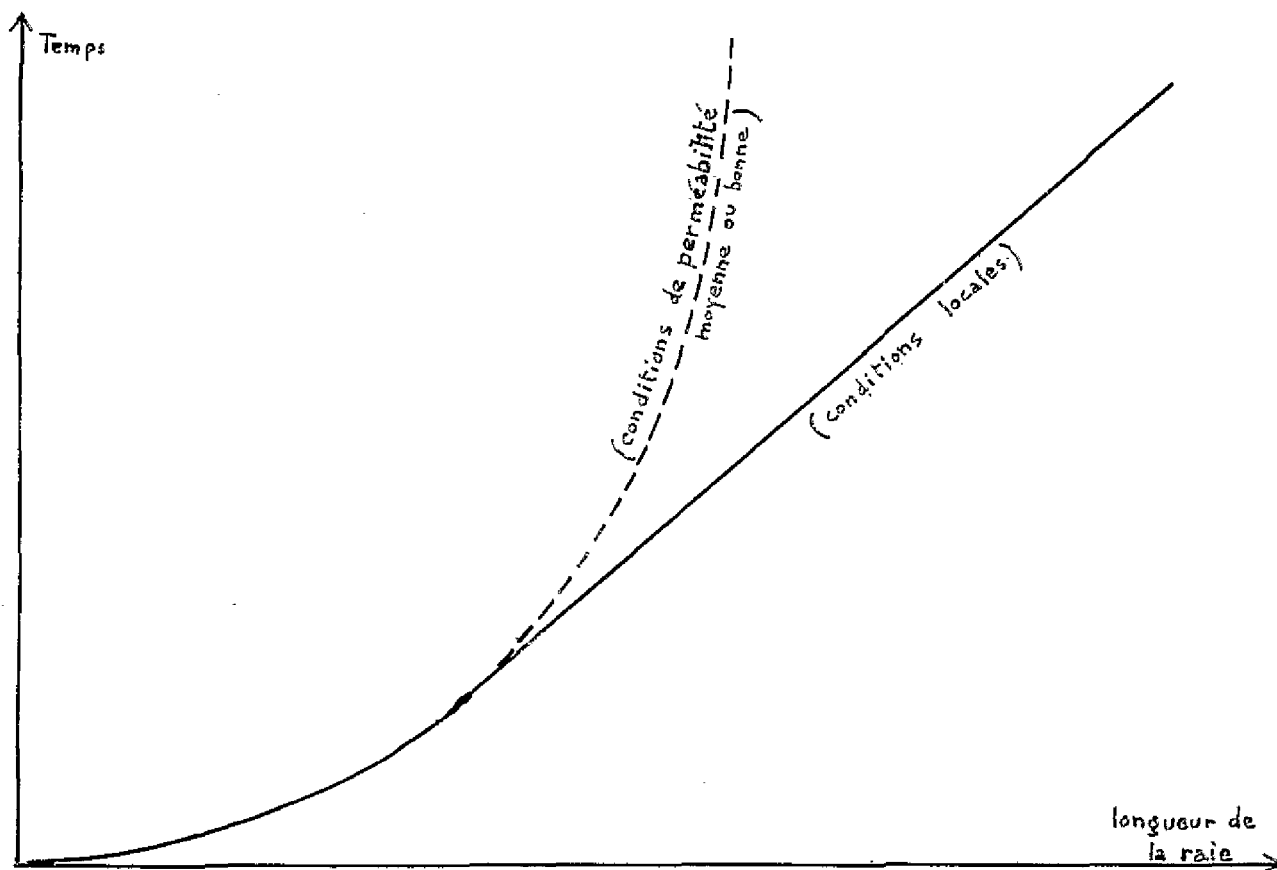
— à réduire ensuite le débit de telle façon qu'il équilibre le débit qui s'infiltre dans le sol sur toute la longueur de la raie et à le maintenir tant que la dose désirée n'est pas atteinte; c'est le « débit d'infiltration ». Plus la durée de la première phase est courte, plus la répartition est homogène, comme on peut le voir d'après le schéma ci-après. Le « débit d'attaque » ne doit pourtant pas être érosif.



Le débit maximum non érosif qui correspond au « débit d'attaque » ainsi que le débit dit d'infiltration ne peuvent être déterminés que de façon empirique sur le terrain. La méthode Criddle (ZAHAROPoulos 1957, RICHARD et BERGER 1964), employée couramment, consiste à admettre dans les raies des débits connus et à constater l'avancement de l'eau

dans l'espace et dans le temps. La courbe temps  $\times$  longueur de raie humectée marque normalement, dans des conditions de bonne ou de moyenne perméabilité (graphique 12), un arrêt de la progression de l'eau à une certaine distance du départ de la raie pour un certain débit qui correspond au débit d'infiltration sur cette distance.

Graphique 12  
PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE

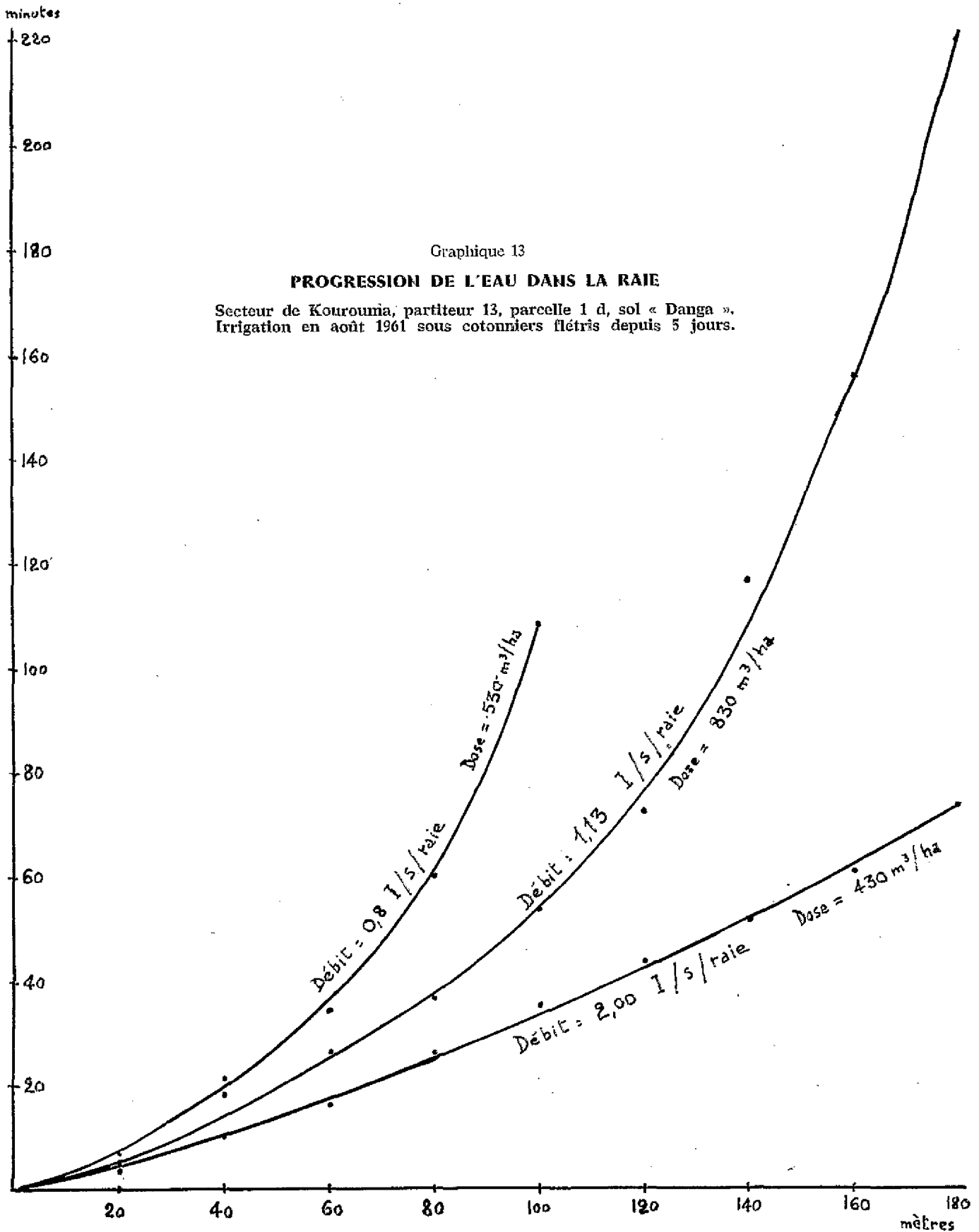


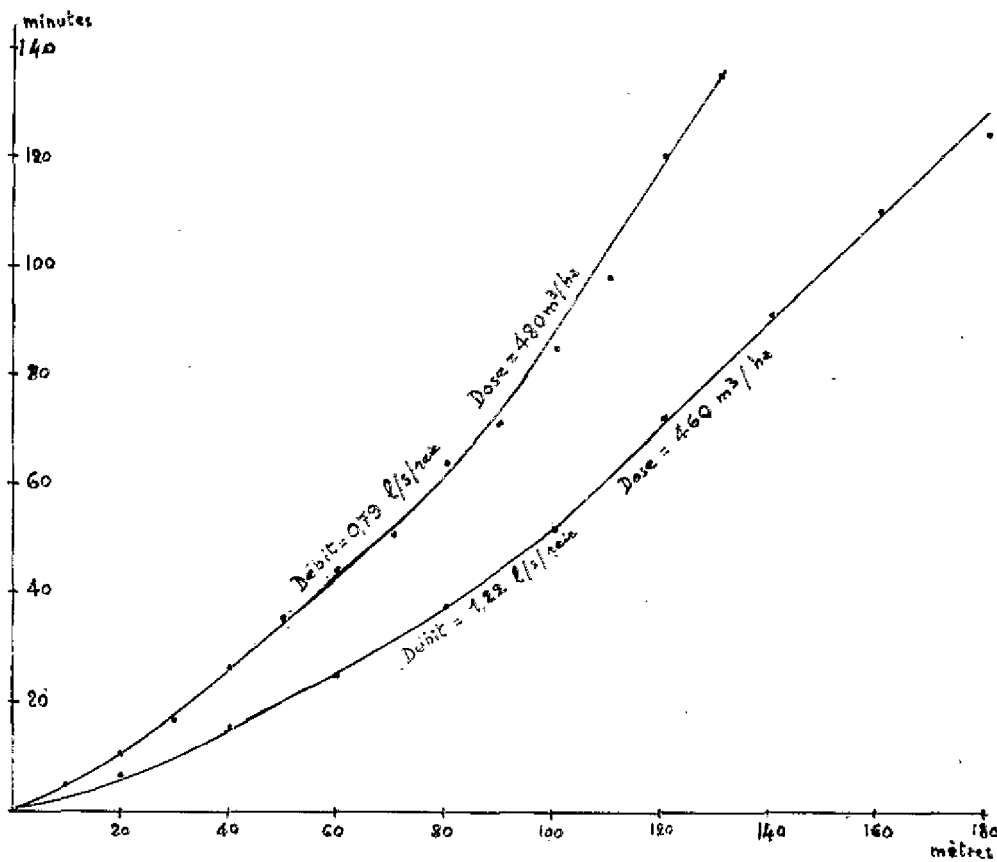
Mais dans les conditions locales, nous avons constaté par des essais de ce genre réalisés :

- à KOGONI, sur sols « Dian-Moursi », « Danga et Dian » ;
- dans le secteur de KOUROUMA,
  - sur sol « Moursi » (partiteur SK 18),
  - sur sol « Danga-argileux » (partiteur K 4),
  - sur sol « Danga-sableux » (partiteur K 13) ;

— dans le secteur de MOMOLO, sur sol « Danga » (partiteur M 3) ;

que la progression de l'eau avait tendance, plutôt que de s'annuler, à devenir constante au bout d'un certain temps, assez peu variable suivant la nature du sol et le degré d'humidité initiale, ainsi que le montrent les courbes de progression de l'eau (graphiques 13 à 17).

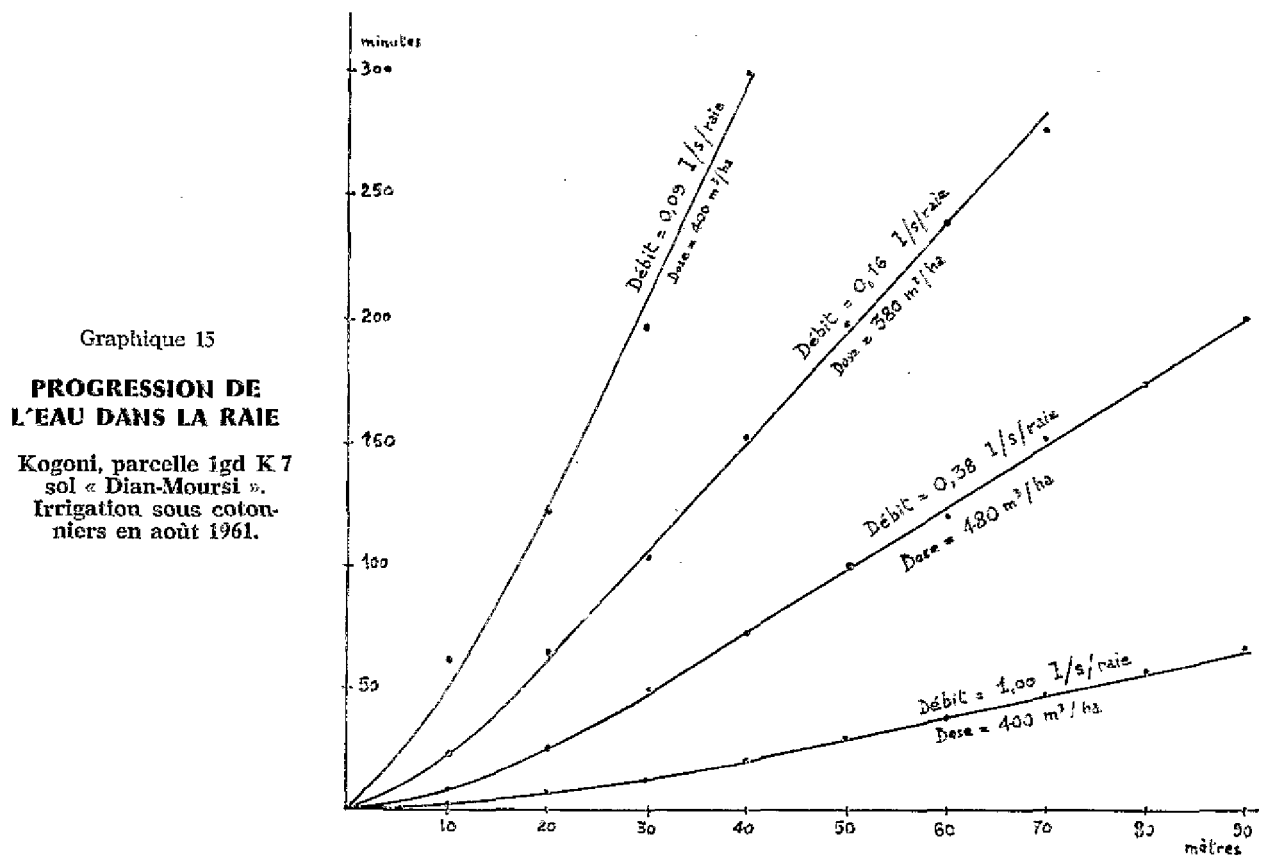




Graphique 14

### PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE

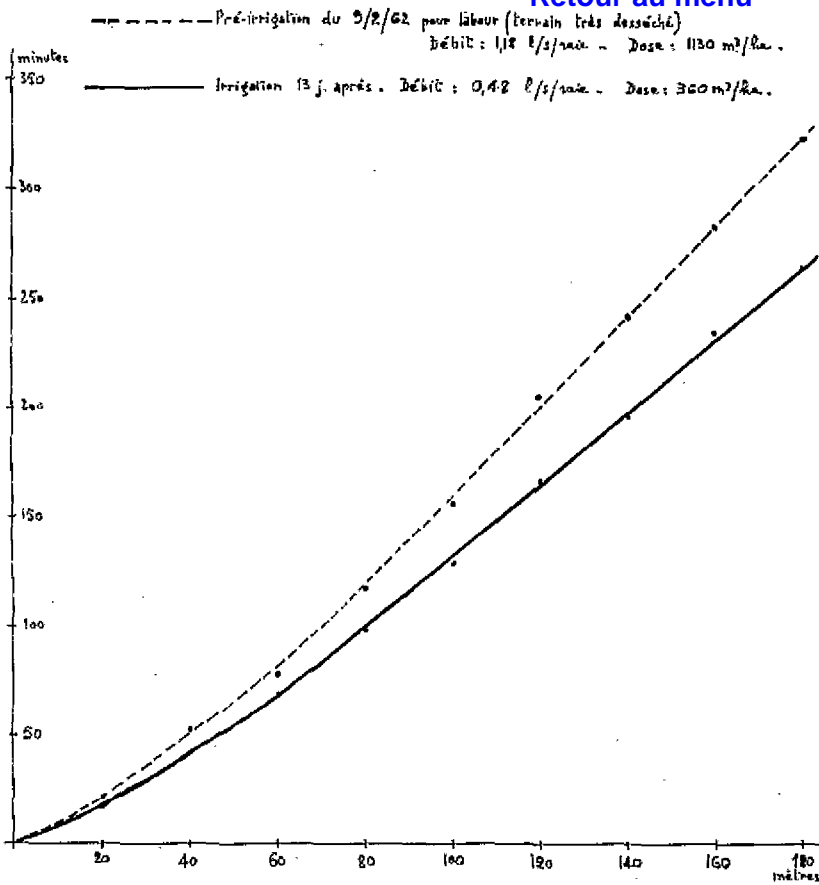
Secteur de Kourouma,  
partiteur SK 18,  
parcelle 1g.  
Irrigation sous coton-  
niers en septembre 1961.



Graphique 15

### PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE

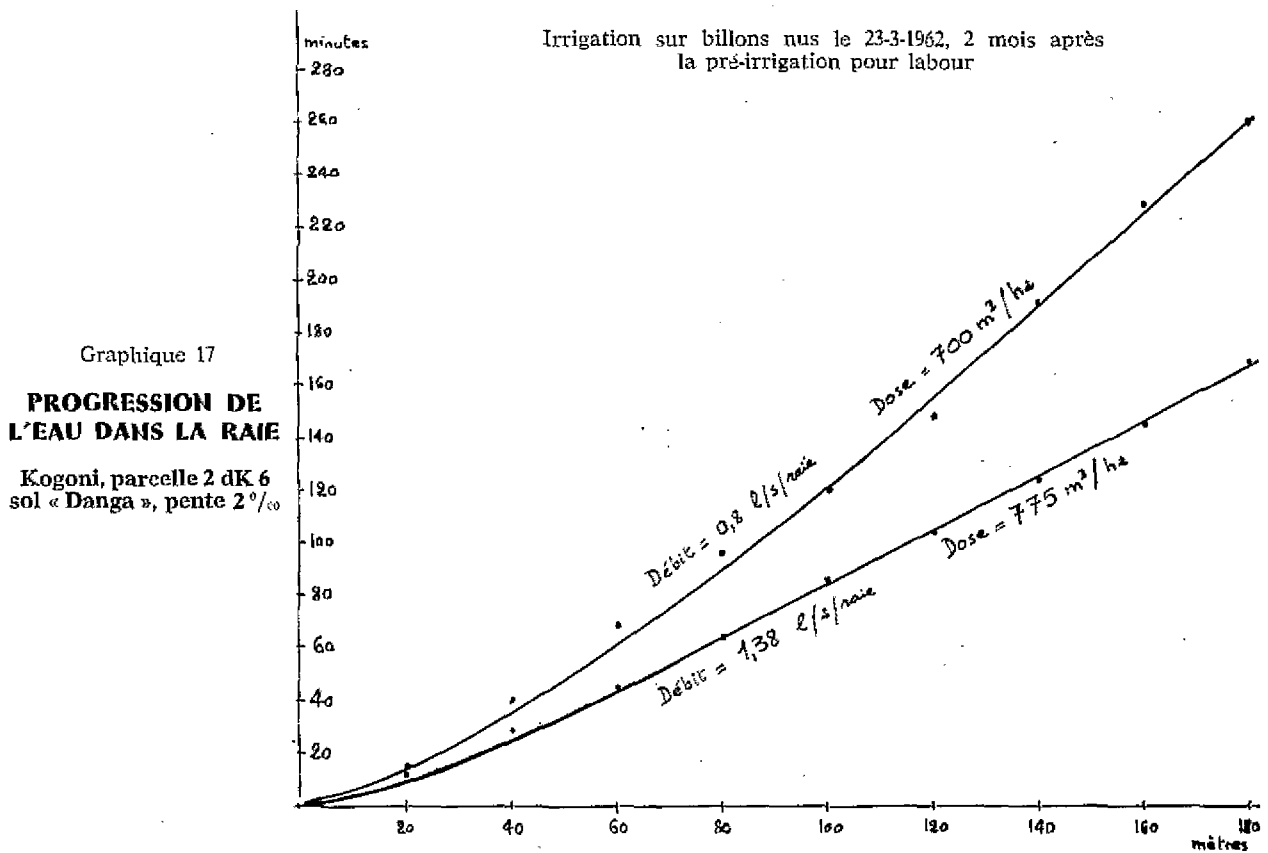
Kogoni, parcelle 1gd K 7  
sol « Dian-Moursi ».  
Irrigation sous coton-  
niers en août 1961.



Graphique 16

### PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE

Kogoni, parcelle 1gd K 7, sol « Dian »  
pente 1,15 ‰



Graphique 17

### PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE

Kogoni, parcelle 2 dK 6  
sol « Danga », pente 2 ‰

C'est donc l'infiltration qui tend à s'annuler : nous sommes en présence de deux régimes successifs d'infiltration de l'eau :

— le premier, relativement rapide, correspondrait à l'infiltration des eaux de capillarité et de gravité à la fois ;

— le second, très lent, que l'on peut même tenir pour nul à l'échelle de la durée de l'irrigation, correspondrait à l'infiltration de la seule eau de gravité à partir du moment où les premières couches du sol sont saturées ; nous avons, en effet, mis en évidence par les observations exposées en première partie l'extrême lenteur des mouvements d'eau de gravité.

Ce comportement des sols de l'Office du Niger à l'irrigation est donc assez particulier, et il est déconseillé de pratiquer ici deux débits successifs correspondant aux « débits d'attaque » et « d'entretien ».

La régularisation de la vitesse d'infiltration, à laquelle on assiste à partir d'une certaine réhumidi-

fication, explique qu'on ne trouve pas de corrélation négative bien nette entre la valeur du débit à la raie et le volume de l'irrigation, comme cela se produit normalement. Cette régularisation nous fait également admettre a priori que la répartition de l'eau d'un bout à l'autre de la raie est bonne, ce que nous vérifierons plus loin.

Nous constatons, en outre, que les sols sont aptes à se réhumidifier assez rapidement jusqu'à saturation des couches superficielles, puisque, malgré l'annulation de la perméabilité qui se produit environ une heure après le contact de l'eau avec la surface du sol, on obtient généralement, sur des raies de 200 m, des doses d'irrigation légèrement supérieures aux doses théoriques, en particulier lorsque ces dernières sont faibles, c'est-à-dire à la saison où l'évapotranspiration intense réduit la capacité du réservoir sol ; c'est ce que montre le Tableau 17, relatant 5 irrigations contrôlées effectuées à KOGONT sur différents types de sol (« Danga » sur la parcelle K 6-2d et « Dian » sur la parcelle K 7-1gd).

TABLEAU 17

*Essais d'irrigation à KOGONT. Comparaison des doses théoriques aux doses réelles pendant une campagne d'irrigation*

Date irrigation	Parcelle	Surface (ha)	Dose théorique (m <sup>3</sup> /ha)	Dose réelle (m <sup>3</sup> /ha)	Débit moyen/rate (litre/sec.)
9/7/63 .....	K6-2d	1,08	300 à 350	480	1,25
17/10/63 .....	K7-1gd a	0,80	350 à 400	430	1,25
19/10/63 .....	K7-1gd b	0,76	450 à 500	645	1,11
21/10/63 .....	K6-2d	0,90	500 à 550	535	1,21
7/11/63 .....	K6-2d	0,90	600 à 650	630	1,15

(dose théorique = ET journalière x nombre de jours depuis l'irrigation précédente)

Notons que les siphons d'irrigation sont arrêtés lorsque l'eau arrive à 15 m de l'extrémité des raies pour éviter les pertes au drain : l'eau se trouvant en amont continue alors à avancer en irriguant l'extrémité de la raie sans (ou presque) s'écouler au drain.

### Débit maximum à la raie

Ainsi dans les sols de l'Office du Niger, la règle générale du fort débit pour limiter la durée de l'irrigation, et par conséquent la quantité d'eau, doit être observée, car elle ne peut manquer de jouer dans la première phase de la réhumidification, c'est-à-dire tant que la couche superficielle n'est pas encore saturée.

Mais cette règle de l'accroissement du débit à la raie trouve rapidement une limite, imposée par la faible pente des terrains tels qu'ils sont aménagés pour la culture cotonnière : nous avons en effet constaté, à KOGONT, qu'un débit égal ou supérieur à

1,30 litre par seconde ne peut plus s'écouler dans la raie sans submerger les hauts de billons, ce qui oblige à rester dans des normes voisines de 1,20 litre par seconde pour éviter cet inconvénient.

Or nous sommes, dans les conditions du Tableau 17, à la limite des possibilités d'écoulement de la raie. C'est pourquoi, nous avons été amenés à rechercher une autre méthode pour réduire la quantité d'eau d'irrigation, d'autant plus, qu'en septembre, le risque d'une pluie survenant peu après l'irrigation n'est pas négligeable et qu'il est préférable, à cette époque, d'irriguer par défaut que par excès.

### Irrigation d'une raie sur deux

Deux essais ont été réalisés en 1963 pour observer la réduction de volume d'eau obtenue en irriguant une raie sur deux par rapport à l'irrigation raie par raie, tout en conservant le même débit. La dose ne peut être réduite de moitié car il y a des infiltrations latérales lorsque l'on irrigue une raie sur deux et qui ne se produisent pas dans l'autre cas.

**Essai A :**

Le 9 juillet 1963, parcelle K.6-2d ; sol Danga, raies de 200 m de long ; 6 répétitions ; parcelles élémentaires de  $10 \times 200$  m.

Objets : 1 - irrigation raie par raie.  
2 - irrigation une raie sur deux.

TABLEAU 18

*Volumes d'eau utilisés en irriguant, avec le même débit, raie par raie ou une raie sur deux - m<sup>3</sup>/ha*

Mode d'irrigation	Débit moyen constaté	Répétitions						Moyenne	% de 1
		I	II	III	IV	V	VI		
1. raie par raie	1,25 l/s	372	479	515	472	567	461	478	100
2. 1 raie sur 2	1,25 l/s	293	343	457	308	295	333	338	71

**Essai B :**

Le 21 octobre 1963, mêmes emplacement, dispositif et dimensions.

TABLEAU 19

*Volumes d'eau utilisés en irriguant raie par raie ou une raie sur deux - m<sup>3</sup>/ha*

Mode d'irrigation	Débit moyen constaté	Répétitions						Moyenne	% de 1
		I	II	III	IV	V	VI		
1. raie par raie	1,21 l/s	544	565	863	586	609	351	586	100
2. 1 raie sur 2	1,29 l/s	464	425	454	368	360	244	388	66

Ces deux essais montrent qu'il est possible de réduire le volume d'eau apporté à l'hectare dans la proportion de 30 % en irriguant une raie sur deux, pratique qui présente l'autre avantage de réduire en même temps dans la même proportion de 30 % le nombre de siphons à l'hectare. L'expérience a prouvé depuis, après généralisation de cette méthode à l'ensemble des irrigations d'entretien, que les quantités d'eau obtenues avec un débit de 1,20 litre par seconde dans une raie sur deux ne dépassaient pas les doses théoriques.

Il restait à vérifier que la réhumidification du terrain était homogène le long des raies.

### Contrôle de la répartition de l'eau le long de la raie

Au cours de 3 irrigations réalisées les 12-9, 26-9 et 2-10 1964 sur une parcelle de 1,20 hectare avec un débit de 1,20 l/s dans une raie sur deux en arrêtant l'admission de l'eau lorsqu'elle arrive à 15 m de l'extrémité des raies de 200 m, nous avons réalisé des profils hydriques après irrigation, en tête et en bout

de raie, pour vérifier la bonne répartition des irrigations. Dans le Tableau 20, chaque valeur indiquée correspond à l'humidité du sol (moyenne de 4 profils compris entre 0 et 1,30 m).

TABLEAU 20

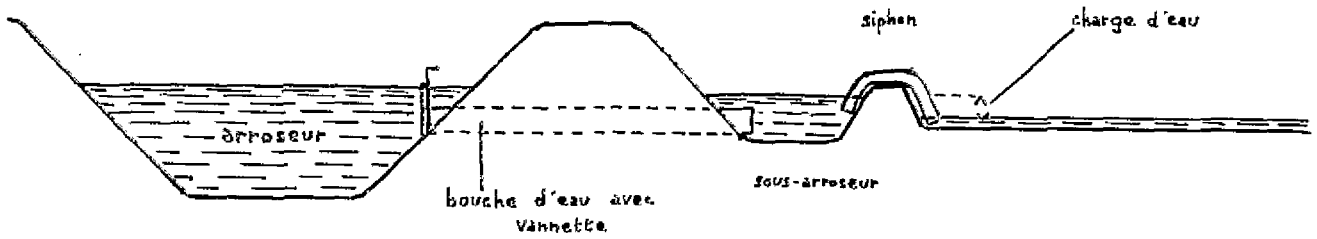
*Résultats des profils hydriques réalisés aux extrémités de la raie d'irrigation, 48 h après l'irrigation*

Date irrigation	Humidité du sol 48 h après irrigation	
	côté arroseur %	côté drain %
12/9/64 .....	25,1	24
26/9/64 .....	23,4	24,2
2/10/64 .....	23,2	23,6

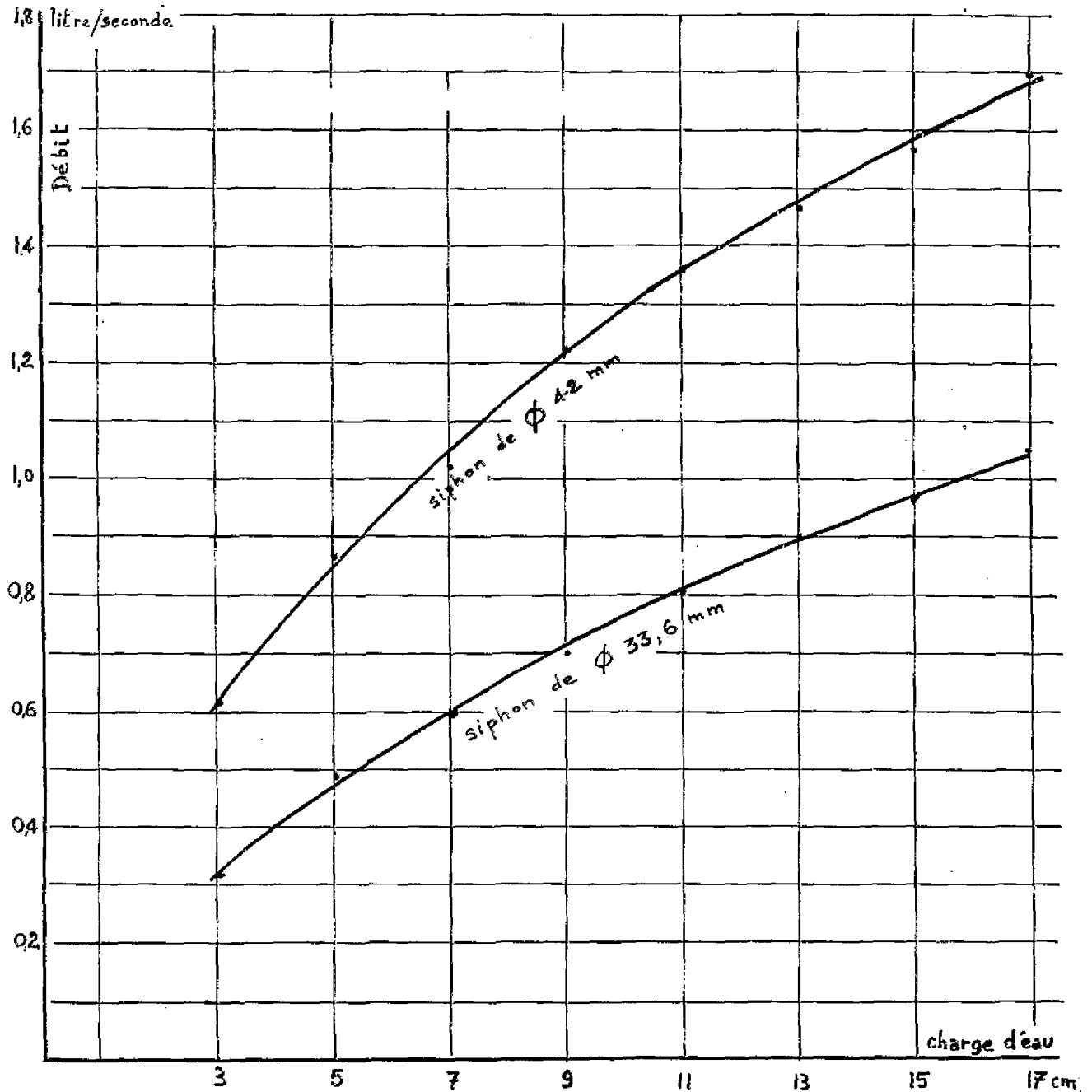
La répartition de l'eau est donc très satisfaisante. L'aspect des cultures irriguées suivant cette méthode confirme d'ailleurs l'homogénéité des irrigations car aucun gradient de fertilité ne se manifeste sur les cotonniers.



# Irrigation par siphons



## DÉBIT SUIVANT LA CHARGE D'EAU



Graphique 18

## Siphons d'irrigations

Le contrôle du débit ne peut être réalisé que par des conduites calibrées en fonction de la charge d'eau. Le siphon constitue une forme très pratique de calibrage de débit à cause de sa mobilité: on peut le mettre en place ou l'enlever instantanément, et l'utiliser un grand nombre de fois par rotation sur le chantier d'arrosage.

Les siphons sont de plus en plus utilisés dans le monde pour l'irrigation à la raie, qu'ils soient en matière plastique souple ou rigide, ou en matériau quelconque.

Dans le cas de l'Office du Niger où les canaux sont en terre, on ne peut les brancher directement sur « l'arroseur » (canal tertiaire), comme c'est le cas pour les séguias en béton, en raison de la largeur importante du cavalier. On ménage toujours, même dans le cas de l'irrigation sans siphons, un petit canal parallèle, appelé « sous-arroseur », alimenté par une prise tous les 50 m environ.

Le siphon, qui enjambe le cavalier du sous-arroseur, présente, en plus de l'avantage d'irriguer avec des débits réguliers, celui de supprimer toutes les manipulations de terre occasionnées par l'ouverture et la fermeture des brèches.

Les siphons que nous avons expérimentés, et dont nous avons étendu l'usage à toutes les irrigations sur la Station de KOGONT, sont constitués par un tube de plastique rigide de 80 cm de long, présentant 2 coudes à 120° qui épousent le profil de la diguette du sous-arroseur.

Certains de ces siphons sont utilisés depuis 3 ans, non seulement pour le cotonnier, mais aussi pour les cultures de contre-saison (blé, prairies temporaires), sans présenter de signes de vieillissement.

Nous avons expérimenté les diamètres de 42 à 50 mm et de 33,6 à 40 mm. Les débits ont été testés en chronométrant le remplissage d'un fût de 200 litres, les 2 branches du siphon plongeant dans 2 réservoirs à niveau constant, le trop-plein du second se déversant dans le fût de 200 l. Ils sont exposés dans le graphique 18.

La charge d'eau de 9 cm, fournissant au siphon de 42 mm de diamètre le débit de 1,20 l/s retenu pour les raies de 200 m de long, est assez facilement obtenue à la Station de KOGONT.

On peut faire remarquer que les siphons fonctionnent très bien avec une charge d'eau plus faible, de l'ordre de 2 à 3 cm. Pour obtenir un débit suffisant, le diamètre des siphons doit être naturellement prévu en fonction des charges d'eau possibles dans les différents points du réseau de l'Office du Niger.

### Nombre de siphons à l'hectare

Nous considérons le cas de l'irrigation de la totalité des surfaces de cotonnier en 2 jours, et bien entendu l'arrosage d'une raie sur deux;

1) Cas de raies de 200 m, siphons de 42 mm de diamètre : 25 siphons à l'hectare peuvent servir 6 fois par irrigation (à raison de 3 postes de 3 h 30 par jour), et l'équipement sera de 4 à 5 siphons à l'hectare.

2) Cas de raies de 100 m, siphons de 33,6 mm de diamètre : 50 siphons à l'hectare peuvent servir 6 fois par irrigations (à raison de 3 postes d'eau par jour) et l'équipement sera de 8 à 9 siphons à l'hectare.

Si sur certains partiteurs, il était impossible d'irriguer toutes les surfaces en 2 jours, le nombre des siphons et, par là, le coût de l'équipement à l'hectare seraient moindres.

### Prix de revient

Les siphons de 42 mm de diamètre nous sont revenus au prix unitaire de 300 F Maliens (= 300 F CFA), compte tenu des fournitures, transport et façonnage effectué localement. Il faut compter un peu moins pour les siphons de 33,6 mm de diamètre.

Une commande importante et un meilleur rendement au façonnage, ou même le façonnage par le fournisseur, abaisseraient très sensiblement ce prix de revient.

## ORGANISATION DES ARROSAGES A L'ÉCHELLE D'UN CASIER

Notre but n'est pas ici de proposer une organisation proprement dite, mais de connaître s'il est possible, vu les dimensions des canaux et des ouvrages de prise existants, d'organiser les irrigations de telle façon qu'elles répondent pleinement aux impératifs agronomiques que nous avons précisés dans cette étude, et qui étaient mal définis lors de l'aménagement du réseau.

On a vu que la faible réserve d'eau facilement utilisable du sol impose des irrigations très peu espacées, du moins pendant la période critique de septembre-début octobre. Le flétrissement qui se produit lorsque la limite inférieure d'humidité est atteinte s'accompagne d'une chute massive des jeunes capsules, qui pourra affecter sérieusement la production.

D'autre part, à cette époque de transition où les arrosages viennent en complément des pluies, la date à laquelle s'imposera l'irrigation sera dictée par la date de la dernière pluie, et sera la même pour toute la zone affectée par cette pluie; la « demande » est donc immédiate et générale.

L'irrigation par tour d'eau, c'est-à-dire échelonnée sur un nombre de jours correspondant à la périodicité des arrosages, ne peut répondre à une telle demande dans des conditions compatibles avec une bonne production. Il faut rechercher un compromis entre le système du tour d'eau classique et celui de l'irrigation « à la demande », dans les limites permises par les calibres du réseau.

Lors des aménagements de l'Office du Niger, les débits aux prises d'eau et dans les canaux ont été prévus de la façon suivante (BERNIER et VALLÉE, 1957):

— Prise d'« arroseur » (canal tertiaire): 170 litres par seconde.

— Prise de partiteur (canal secondaire): deux éléments se cumulent dans le calcul des débits, chaque partiteur alimentant des rizières en plus des terres à coton:

1° 170 l/s jusqu'à 70 ha de terres à coton, ou 340 l/s entre 70 et 140 ha, soit un débit fictif continu à l'hectare variant de 2,4 à 4,8 l/s:

2° à ce débit vient s'ajouter un supplément de 2 l/s par ha de rizières.

Si, lorsqu'on irrigue le cotonnier, on arrête pendant le jour l'alimentation des rizières, en y admettant pendant la nuit un débit double du débit continu d'entretien prévu, on peut alors disposer pendant les 12 heures de la journée d'un débit fictif de 4,4 à 6,8 l/s/ha (plus ou moins suivant la part de chacune des cultures de cotonnier et de riz).

L'irrigation se pratiquant à 30-35 l/s par hectare soit:

— 25 siphons de 42 mm de diamètre à 1,2 ou 1,4 l/s pour des raies de 200 m,

— ou 50 siphons de 33,6 mm de diamètre à 0,6 ou 0,7 l/s pour des raies de 100 m,

elle se fera dans le cas le plus défavorable d'un débit fictif de 4,4 l/s/ha en:

$$\frac{35 \text{ l/ha/s}}{4,4 \text{ l/ha/s}} = 8 \text{ postes d'eau, ou 3 jours, à raison}$$

de 3 postes de 3 h 30 mn par jour;

— dans le cas d'un débit fictif de 6 l/s/ha, elle se fera en:

$$\frac{35}{6} = 6 \text{ postes d'eau, ou 2 jours.}$$

Le réseau de l'Office du Niger permettrait donc de distribuer l'eau dans des conditions nettement plus satisfaisantes que celles d'un tour d'eau clas-

sique. Cela impose une organisation assez délicate, un encadrement étroit et entraîné. Cela implique que le réseau puisse supporter un coefficient d'irrégularité très élevé et par conséquent des liaisons très serrées de l'aval vers l'amont. Ce dernier inconvénient est cependant atténué par les dimensions assez larges des canaux distributeurs et partiteurs, qui peuvent ainsi constituer des tampons permettant un certain délai dans la manœuvre des vannes.

## CONCLUSION

Les observations sur le comportement des sols de l'Office du Niger à l'arrosage ont montré qu'ils absorbent l'eau rapidement en début d'irrigation, ce qui nécessite un débit à la raie relativement élevé, mais qu'une fois l'horizon de surface saturé la vitesse d'infiltration devient insignifiante.

Le débit est limité à 1,20 l/s par les possibilités d'écoulement de la raie, vu la faible pente du terrain. Cette valeur est insuffisante pour amener l'eau en bout de raie assez rapidement, c'est-à-dire sans dépasser les doses d'irrigations théoriques. Les excédents perdus par percolation sont toutefois atténués par la diminution de la vitesse d'infiltration qui se produit au cours de l'irrigation et qui favorise en même temps la répartition de l'eau dans le sens des raies; mais ils peuvent être évités en irriguant une raie sur deux.

Les siphons sont un moyen très commode et peu onéreux de pratiquer l'irrigation dans les conditions requises.

Pour ce qui est de la répartition de l'eau à l'échelle du casier, le système du tour d'eau est difficilement conciliable avec les impératifs agronomiques, puisque les irrigations, qui doivent s'ajuster aux pluies, s'imposent partout à la fois et sont à réaliser au plus vite. Le réseau de l'Office du Niger permet, grâce à la répartition géographique des cultures de cotonnier et des rizières, telle qu'elle existe actuellement, une organisation des arrosages pouvant répondre à la demande dans un délai maximum de 3 jours.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de l'irrigation du cotonnier à l'Office du Niger (Mali), conduite sur la Station de KOCORI, a envisagé successivement la détermination des besoins en eau de la culture au cours des différentes phases de son développement, la satisfaction de ces besoins par les pluies et l'irrigation, enfin la conduite rationnelle des irrigations. Cette étude a montré l'importance de l'expérimentation face aux solutions théoriques que l'on peut développer à partir de données pédologiques ou climatiques. Nous avons montré notamment l'absence de relations, d'une part, entre

le volume d'eau facilement utilisable et les valeurs du pF, et, d'autre part, entre (ETP-culture) et (ETP-climat). La conduite des irrigations, elle-même, n'a pu recevoir une solution satisfaisante qu'après de multiples observations et mises au point sur le terrain. Les résultats obtenus montrent donc le rôle indispensable joué par une station expérimentale dans le domaine de l'irrigation où les solutions sont très souvent originales et caractéristiques d'un milieu donné.

Les solutions proposées sont parfaitement compatibles avec les conditions de production de l'Office du Niger et devraient permettre notamment de valoriser au mieux les pratiques de culture intensive vulgarisées depuis quelques années. Il est certain que la vulgarisation de l'irrigation rationnelle ne sera pas immédiate mais la Station de KOGONI, avec plusieurs dizaines d'hectares de cotonniers irrigués, pourra jouer un rôle important dans la formation du personnel d'encadrement.

Les études d'irrigation ont été essentiellement consacrées au cotonnier; toutefois, les problèmes propres à l'ensemble de la rotation n'ont pas été négligés, le coton étant la principale production il était normal de lui donner une place prépondérante. La rotation culturale quadriennale que nous proposons actuellement a été retenue pour s'adapter à la culture cotonnière en répondant aux possibilités et aux besoins locaux.

Cette rotation comprend deux années de coton auxquelles succèdent deux années de prairie à *Stylosanthes gracilis*. Semée sous les cotonniers au mois d'août, la prairie se développe après leur arrachage et ne demande aucune façon culturale particulière; elle est exploitée en pâture pendant deux ans et retournée en octobre pour faire place à une

culture dérobée de blé avant la mise en place d'un nouveau cycle cultural.

Nous connaissons encore imparfaitement les besoins en eau des prairies à *Stylosanthes* et du blé mais nous savons déjà que les périodes de forte demande sont situées en dehors des périodes d'irrigation du cotonnier. La présence de ces deux cultures, loin de contrarier l'irrigation optimale du cotonnier, peut même agir favorablement sur son économie en eau. Le système racinaire d'une Légumineuse peut en effet améliorer la structure profonde du sol et favoriser l'enracinement des cotonniers qui lui succèdent; par ailleurs, l'extension des cultures irriguées remplaçant les jachères sèches et improductives devrait modifier sensiblement le climat local et diminuer la valeur d'ETP au niveau des cultures.

Après trois années d'expérimentation, la Station de KOGONI a montré qu'il était possible d'envisager à l'Office du Niger une production cotonnière dans un cadre intensif. En 1964, le rendement moyen de la Station a atteint 3,5 tonnes de coton-graine par hectare, production atteinte fin novembre pour un semis du 15 juin. La rotation culturale, la fertilisation minérale et les irrigations contrôlées doivent permettre, non seulement de maintenir la fertilité des sols, mais également d'espérer son amélioration.

## RÉSUMÉ

Nous avons mis en évidence les relations existant entre le sol, la plante et l'atmosphère dans l'économie de l'eau de la culture cotonnière à l'Office du Niger. L'eau facilement utilisable dans le sol est relativement réduite, elle varie de 250 à 550 m<sup>3</sup>/ha dans le courant de la végétation. Cette faible possibilité de mise en réserve de l'eau est liée essentiellement à la porosité du sol. L'enracinement limité du cotonnier ne lui permet pas d'exploiter l'eau des horizons profonds et le début du flétrissement se produit dès que le taux d'humidité atteint 85 à 88 % de la capacité de rétention au champ. Il a été montré que la limite inférieure d'humidité du sol était liée à l'intensité de l'évapotranspiration de la culture.

La porosité du sol ne peut être favorisée en profondeur par des opérations culturales mais nous pensons qu'une prairie temporaire à Légumineuses peut être bénéfique. *Stylosanthes gracilis* est maintenant présent deux années sur quatre dans la rotation de KOGONI, toutefois son introduction est trop récente pour avoir une opinion sur son action.

La diminution de l'évapotranspiration potentielle en réduisant le débit demandé au sol devrait permettre une meilleure utilisation de l'eau de rétention. L'extension et l'intensification des cultures irriguées dans les périmètres de l'Office et une faible modification du climat local peuvent avoir des effets notables sur l'économie de l'eau des cultures.

L'évapotranspiration potentielle de la culture présente un maximum en saison des pluies, celles-ci assurent la totalité des besoins de la culture du 15 juillet au 1<sup>er</sup> septembre; les irrigations sont nécessaires avant et après cette période: ces deux époques d'irrigation confèrent d'ailleurs une certaine originalité à l'Office du Niger.

En cours de végétation, il faut envisager deux irrigations en juin et juillet dont une au semis et quatre à six irrigations du 1<sup>er</sup> septembre à la fin du mois d'octobre. Ce sont donc 3 000 à 4 000 m<sup>3</sup>/ha qui sont apportés au cotonnier pour compenser l'insuffisance des pluies. L'eau utilisée par la culture, en totalisant pluies et irrigations, atteint environ 7 500 m<sup>3</sup>/ha. Ce chiffre est très voisin de celui observé ailleurs, en Afrique du Nord, au Moyen Orient et à Madagascar. Cette comparaison prouve que l'association des irrigations et des pluies est judicieuse et que les unes et les autres sont utilisées au mieux par la culture.

En 1964, ces normes d'irrigation ont été généralisées à l'ensemble de la sole coton de la Station de KOGONI; soit sur 20 hectares. Le rendement moyen qui a dépassé 3 500 kg/ha de coton-graine fin novembre, pour un semis de début juin, vient confirmer la validité des techniques que nous proposons.

Les observations sur le comportement des sols de l'Office du Niger à l'arrosage ont montré qu'ils absorbent l'eau rapidement en début d'irrigation,



ce qui nécessite un débit à la raie relativement élevé, mais, qu'une fois l'horizon de surface saturé, la vitesse d'infiltration devient insignifiante.

Le débit est limité à 1,20 l/s par les possibilités d'écoulement de la raie, vu la faible pente du terrain. Cette valeur est insuffisante pour amener l'eau en bout de raie assez rapidement, c'est-à-dire sans dépasser les doses d'irrigations théoriques. Les excédents perdus par percolation sont toutefois atténués par la diminution de la vitesse d'infiltration qui se produit au cours de l'irrigation et qui favorise en même temps la répartition de l'eau dans le sens des raies ; mais ils peuvent être évités en irriguant une raie sur deux.

Les siphons sont un moyen très commode et peu onéreux de pratiquer l'irrigation dans les conditions requises.

Pour ce qui est de la répartition de l'eau à l'échelle du casier, le système du tour d'eau est difficilement conciliable avec les impératifs agronomiques, puisque les irrigations, qui doivent s'ajuster aux pluies, s'imposent partout à la fois et sont à réaliser au plus vite. Le réseau de l'Office du Niger permet, grâce à la répartition géographique des cultures de cotonnier et des rizières telle qu'elle existe actuellement, une organisation des arrosages pouvant répondre à la demande dans un délai maximum de 3 jours.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- M. AMEMYA, L.N. NAMKEN, and C.J. GERARD. — Soil water depletion by irrigated cotton as influenced by water regime and stage plant development. *Agronomy Journal*, 53, 4, 1963.
- CH. BALDY. — Cultures associées et productivité de l'eau, *Annales Agronomiques*, 14, 4, 1963.
- R. BERNIER et M. VALLEE. — Conception et exploitation des réseaux d'irrigation à l'Office du Niger, *Archives de l'Office du Niger*, n° 20, 1957.
- R.J. BOUCHET. — Evapotranspiration réelle, evapotranspiration potentielle, et production agricole, *Annales agronomiques*, 14, 5, 1963.
- R.J. BOUCHET, S. de PARCEVAUX, J. ARNOUX. — Amélioration du rendement des végétaux par abaissement de l'évapotranspiration potentielle, *Annales Agronomiques*, 14, 5, 1963.
- L. BOULET. — Rapport de campagne 1961, Station de Bône-Duzerville (I.R.C.T., 1962).
- B. DABIN. — Rapports annuels 1952-1953 et 1953-1954, laboratoire d'étude des sols de l'Office du Niger.
- B. DABIN et S. BOUYER. — Etudes pédologiques du Delta central nigérien, *Agronomie Tropicale*, 12, 1963.
- J.E. DALE. — Investigations into the stomatal physiology of upland cotton. I. The effects of hour of day, solar radiation, temperature and leaf water-content on stomatal behaviour. *Annals of Botany*, NS, 25, 97, 1961.
- J. DAMAGNEZ, Ch. RIOU, O. de VILLELE, S. el AMANI. — Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie, *Annales Agronomiques*, 14, 4, 1963.
- Ph. DUCHAUFOUR. — Précis de Pédologie, Masson et Cie, 1960.
- J.H. DURAND. — Les sols irrigables, étude pédologique (Alger, 1958).
- M.A. EL-SHARKAWY and J.D. HESKETH. — Effects of temperature and water deficit on leaf photosynthetic rates of different species, cotton, sorghum, sunflower. *Crop Science*, 4, 5, 1964.
- H. GESLIN et collaborateurs. — L'eau et la production végétale, I.N.R.A. PARIS, 1963, Ed.
- G. GUYOT. — Les brise-vents. Modification des microclimats et amélioration de la production agricole, *Annales Agronomiques*, 14, 4, 1963.
- M. HALLAIRE. — Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement, *Annales Agronomiques*, 14, 4, 1963.
- A.K. KHUDAIRI, A. Sh. ABDUL WAHAB and A.J. THEWANI. — Plant response to different soil moisture levels. Echanges hydriques des plantes en milieu aride ou semi-aride. Recherche sur la zone aride, *Actes du colloque de Madrid, U.N.E.S.C.O.*, 1961.
- P. LOMBARD et L. BOULET. — Bilan de cinq années d'essais d'irrigation sur le cotonnier au Maroc. *Coton et Fibres Tropicales*, XII, déc. 1957.
- H.L. MANNING. — The statistical assessment of rainfall probability and its application in Uganda agriculture. *Empire Cotton Growing Corporation, Research Memoirs* n° 23, 1956.
- R. METGE. — Besoins en eau d'irrigation en culture cotonnière dans le delta central nigérien. *Coton et Fibres Tropicales*, VI, 1951.
- S.A. NUNNERY and I.V. WILSON. — Seven years of cotton irrigation experiments. *South Carolina Agri. Exp. St.*, Oct. 1960.
- Queensland Dep. of Agric. and Stock. — Annual report 1962-1963.
- L. RICHARD. — L'économie de l'eau du cotonnier (I.R.C.T., 1963).
- L. RICHARD et M. BERGER. — Observations et expérimentations sur l'irrigation du cotonnier au Mangoky, Madagascar. *Coton et Fibres Tropicales*, XIX, 3, 1964.
- M. ROBELIN. — Evaporation réelle de différents couverts végétaux bien alimentés en eau et évapotranspiration potentielle, détermination expérimentale. *Annales Agronomiques*, n° 6, 1962.
- G. SEMENT. Rapports annuels, section d'Agronomie, I.R.C.T., Station de KOGONI, campagnes 1962-1963, 1963-1964 et 1964-1965.
- N.J. THOMSON and J.J. BASINSKI. — Cotton in the Ord Valley of Northern Australia. *Empire Cotton Growing Review*, XXXIX, 2, 1962.
- L. TURC. — Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. *Annales Agronomiques*, n° 1, 1961.
- M. VALLEE. — Mesures de perméabilité. Note 2946/ET, Office du Niger, 1957.
- M. ZAHAROPOULOS. — Détermination d'un arrosage à la raie par la méthode de Criddle. Rapport de stage, Service du Génie Rural, circonscription d'Avignon, 1957.

## SUMMARY

We have displayed the relations existing between the soil, the plant and the atmosphere in water economy of cotton growing at the Office du Niger. Water easily utilizable in the soil is relatively reduced, it varies between 250-550 m<sup>3</sup>/ha during the cotton plant life cycle. This low possibility of water storage is essentially linked with the soil porosity. The limiting rooting of the cotton plant does not permit the latter to use the water of deep horizons and the beginning of wilting occurs as soon as the rate of humidity reaches 85 to 88 % of field water holding capacity. It has been proved that the lower limit of soil humidity was related to the intensity of the crop evapotranspiration.

Soil porosity cannot be favoured in depth by cultural practices but we think that it may profit by seeded pasture rotation. *Stylosanthes gracilis* is now present during two years out of four in Kossou rotation, however it has been introduced too recently to permit forming an opinion on its action.

Diminishing potential evapotranspiration by reducing the output required from the soil should permit a better use of retained water. Extension and intensification of irrigated crops on the territories of the Office, a slight alteration of the local climate may exert notable effects upon the economy of crops water.

Potential evapotranspiration offers a maximum during the rainy season; rainfall provides the whole of the crop water requirements from July 15 to September 1; irrigation is necessary before and after that period; however, these two periods of irrigation impart a certain originality to Office du Niger.

In the course of the vegetative growth, two irrigations should be applied in June and July, one of which at the time of sowing and four to six irrigations should be applied from September 1 until the end of October. Therefore, 3 to 4000 m<sup>3</sup>/ha are brought to the cotton plant to compensate insufficient rainfall. The amount of water used by the crop, when adding rainfall to irrigation, reaches

about 7500 m<sup>3</sup>/ha. This figure is very near that observed elsewhere, in North Africa, Middle East and in Madagascar. This comparison proves that it is judicious to associate irrigations and rainfall and that both are used most profitably by crops.

In 1964, these norms of irrigation have been generalized for the whole of the cotton fields at Kogoni Station, that is over 20 hectares. The mean yield which amounted to more than 3500 kg/ha of seed-cotton at the end of November with sowing beginning of June, confirms the validity of the techniques that we propose.

Observations on the behaviour of the soils of Office du Niger when they are watered, show that at the beginning of the irrigation, they absorb water rapidly, which requires a relatively high furrow output, but once the surface horizon is saturated, the infiltration speed becomes insignificant.

The output is limited to 1,20 l/second by the furrow running possibilities owing to the gentle gradient of the land. This value is insufficient to bring the water fast enough at the far end of the furrow, that is to say, without exceeding the theoretical irrigating doses. Excess lost by percolation is however attenuated by the reduction of the speed of infiltration which occurs in the course of the irrigation and which, at the same time, favours water distribution along the furrows; but it can be avoided by irrigating every other furrow.

Siphons provide a very convenient and cheap means of performing irrigation under the conditions required.

As regards the distribution of water to the scale of Office du Niger, the system of taking turns for water is hardly reconcilable with agronomical imperatives, since irrigation which must be adjusted to rainfall is necessary everywhere all at once it is to be performed as fast as possible. Thanks to the geographical distribution of the cotton crops and of the rice fields, such as it exists now, the network of Office du Niger permits organizing watering so as to meet requirements within 3 days maximum.

## RESUMEN

Hemos puesto en evidencia las relaciones que existen entre el suelo, la planta y la atmósfera en la economía del agua del cultivo algodónero en el Office du Niger. El agua fácilmente utilizable en el suelo es relativamente reducida, varía de 250 a 550 m<sup>3</sup>/ha durante la vegetación. Esta débil posibilidad de reserva de agua está relacionada esencialmente con la porosidad del suelo. El enraizamiento limitado del algodónero no le permite explotar el agua de los horizontes profundos y el comienzo del

marchitamiento se produce en cuanto el grado de humedad alcanza 85 a 88 % de la capacidad de retención en el campo. Se ha demostrado que el límite inferior de humedad del suelo está relacionado con la intensidad de la evapotranspiración del cultivo.

La porosidad del suelo no puede ser favorecida en profundidad por operaciones de cultivo, pero nosotros creemos que una pradera temporal de leguminosas puede ser beneficiosa. *Stylosanthes gracilis*

se encuentra actualmente presente dos años de cada cuatro en la rotación de Kogoni, sin embargo, su introducción es demasiado reciente para emitir una opinión en cuanto a su acción.

La disminución de la evapotranspiración potencial por la reducción del gasto exigido al suelo debería permitir una mejor utilización del agua de retención.

La extensión y la intensificación de los cultivos irrigados en los perímetros del Office así como una débil modificación del clima local pueden producir efectos notables en cuanto a la economía del agua de los cultivos.

La evapotranspiración potencial del cultivo presenta un máximo a causa de las lluvias, esta aseguran la totalidad de las necesidades del cultivo desde el 15 de julio al lero de septiembre, las irrigaciones son necesarias antes y después de este período; esta dos épocas de irrigación confieren, por otra parte, cierta originalidad al Office del Niger.

Durante la vegetación es preciso considerar dos irrigaciones en junio y julio, de las cuales una en el semillero y cuatro a seis irrigaciones del lero de septiembre a finales del mes de octubre. Se aportan, pues, de 2 000 a 4 000 m<sup>3</sup>/ha al algodónero para compensar la insuficiencia de las lluvias. El agua utilizada para el cultivo, totalizando lluvias e irrigaciones, alcanza unos 7 500 m<sup>3</sup>/ha. Esta cifra es muy próxima de las observadas en otros lugares, en África del Norte, en el Oriente Medio y en Madagascar. Esta comparación prueba que la asociación de las irrigaciones y de las lluvias es juiciosa y que tanto unas como otras se utilizan lo mejor posible para el cultivo.

En 1964 estas normas de irrigación se han generalizado al conjunto del añojal de algodón de la Estación de Kogoni: o sea sobre 20 hectáreas. El rendi-

miento medio que ha excedido los 3 500 kg/ha de algodón-simiente a finales de noviembre, para un demillero de comienzos de junio, viene a confirmar la validez de las técnicas que proponemos.

Las observaciones relativas al comportamiento de los suelos del Office del Niger durante la irrigación han puesto de manifiesto que absorben el agua rápidamente al comienzo de la irrigación, lo que necesita un gasto en el surco relativamente elevado, pero una vez el horizonte de la superficie saturado la velocidad de infiltración se hace insignificante.

El gasto se limita a 1,2 l/segundo por la posibilidades de derrame del surco, ya que la pendiente del terreno es débil. Este valor es insuficiente para conducir el agua a la extremidad del surco con bastante rapidez, es decir sin exceder las dosis de irrigación teóricas. Los excedentes perdidos por trascolación se atenúan, sin embargo, a causa de la disminución de la velocidad de infiltración que se produce durante la irrigación y que favorece al mismo tiempo la repartición del agua en el sentido de los surcos; pero pueden ser evitados irrigando un surco de cada dos.

Los sifones constituyen un medio muy cómodo y poco oneroso de practicar la irrigación en las condiciones requeridas.

Por lo que se refiere al reparto del agua a la escala del encasillado, el sistema de alternación del agua es difícilmente conciliable con los imperativos agronómicos, puesto que las irrigaciones, que deben ajustarse a las lluvias, se imponen en todos los lugares a la vez y se han de realizar lo más rápidamente posible. La red del Office del Niger permite, gracias al reparto geográfico de los cultivos del algodón y de los arrozales, tal como existe actualmente, una organización de los riegos que puede responder a la demanda en un plazo máximo de 3 días.